

Análisis de las temperaturas en dos áreas de interés olivícola del sudoeste bonaerense, Argentina

J. Almorox¹, L. Suñer^{2,3}, G. Laurent² y M.E. Aguirre²

¹*Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España.*

²*Dpto de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.*

³*Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.*

<lsuner@criba.edu.ar>

(Recibido: 26-Mar-2015. Publicado: 04-Ago-2015)

Resumen

Se han comparado y analizado las temperaturas diarias de los observatorios de Coronel Dorrego y de Faro, ambas estaciones distantes a unos 20 km. Las temperaturas se han estudiado en relación al olivo debido a que en las zonas de estudio hay un creciente desarrollo de la producción olivícola, para ello se ha abordado una metodología de tratamiento de datos termométricos y se han analizado para su aplicación agroclimática en el cultivo del olivo. Se evidenció la variabilidad temporal y espacial entre ambas estaciones. La frecuencia de heladas como el período con heladas, es mayor en la localidad de Faro, la variabilidad de las heladas primaverales y el rigor anual en esa fecha hace que represente un factor de riesgo más importante para el éxito de una plantación de olivos en nuestra región. Del análisis de las temperaturas se concluye que la zona de Coronel Dorrego es más adecuada para el cultivo del olivo en comparación a la zona de Faro. Estas diferencias entre zonas tan próximas como Faro y Coronel Dorrego, dejan en evidencia la necesidad de un análisis de tipo mesoclimático, y el análisis local de las diferencias agroclimáticas.

Palabras clave: olivo, temperatura diaria, producción, Argentina.

Abstract

We compared and analyzed daily temperatures both at Coronel Dorrego and Faro observatories, 20km distant stations. They were studied because are important in this region to olive production, it was conducted thermometric data processing and analyzed for application agroclimatic in olive cultivation. The frequency of frost as the period of frost is higher in the town of Faro, the variability of spring frosts and annual rigor makes that date represents a major risk factor for the success of an olive grove in our region. It was demonstrated the temporal and spatial variability between the two stations. Analysis of the temperature it is concluded that the area of Coronel Dorrego is more suitable for olive cultivation compared to the Faro. These differences between areas as close as Faro and Coronel Dorrego, evidence the need for a mesoclimatic type analysis, and the analysis of local agro-climatic differences.

Key words: olives, daily temperature, production, Argentina.

1. Introducción

El análisis de las temperaturas es fundamental desde el punto de vista de la Agroclimatología. La temperatura regula notoriamente el funcionamiento de los agroecosistemas. Las plantas cultivadas tienen un desarrollo óptimo cuando las variaciones térmicas y los valores extremos de temperaturas no ejercen efecto negativo sobre sus funciones. La temperatura determina el momento de la germinación, la velocidad de crecimiento y la duración del ciclo vegetativo, que en muchas ocasiones se expresa por el número total de calor necesario. El análisis de las temperaturas tanto en sus valores medios como extremos es

fundamental para el análisis agroclimático (Ayerza y Sibbett, 2001). La variabilidad espacial de los parámetros meteorológicos hace obligatorio un análisis más exhaustivo. Para el análisis mesoclimático es fundamental tener una red de estaciones agrometeorológicas representativa. Se puede considerar al relieve como el principal factor mesoclimático. Su acción se basa en dos aspectos: los cambios de rugosidad (frente a la circulación de un fluido, que es el aire atmosférico) y los cambios de altitud (que provocan las mayores modificaciones del macroclima); otros factores son la existencia de masas de agua próximas, especialmente en las zonas costeras; y los mesoclimas generados por la vegetación o tipo de usos del suelo.

Las temperaturas ambientales ejercen influencia sobre el desarrollo de una especie como el olivo (*Olea europaea* L). Es preciso conocer los parámetros agrometeorológicos correspondientes a estaciones climatológicas situadas en el área olivícola para tomar decisiones acertadas. En general, las mejores producciones ocurren en un medio caracterizado por inviernos no muy rigurosos y un verano largo, cálido y seco. Dependiendo mucho de las variedades, es sensible a temperaturas de -5°C , provocando necrosis en ramas de poca edad y muerte de yemas fructíferas (las vegetativas son más resistentes). Cuando las temperaturas son inferiores a -10° se pueden producir daños irreparables en ramas viejas y hasta la muerte de la planta. Sin embargo, existen variedades con gran resistencia a bajas temperaturas (Borgo *et al.*, 2011).

La temperatura umbral de floración se ha establecido en $12,5^{\circ}\text{C}$. A temperaturas inferiores, las yemas florales acumularían frío para salir del reposo y a temperaturas superiores, acumularían calor para florecer. La época de floración (mediados de noviembre) parece estar muy relacionada con las temperaturas máximas (Tabuenca y Herrero, 1965). Cuando aumenta la temperatura, sobre todo en agosto y septiembre, se adelanta la floración (Elisei y Aguirre, 2011). Las yemas vegetativas no evidencian necesidades de frío para iniciar su actividad. El crecimiento de los brotes se inicia cuando los días llegan a tener varias horas a más de 21°C . Las temperaturas extremas afectan al ciclo reproductivo de la planta. Aunque el olivo es capaz de soportar altas temperaturas veraniegas (cercanas a 40°C) sin sufrir quemaduras su actividad se detiene cuando éstas superan los 35°C . Frecuentes temperaturas superiores a los 30°C en el momento de plena floración del olivo, sumado a los efectos de los intensos vientos, pueden resultar un factor limitante para la polinización y, por ende, para la fructificación del olivo (Pastor Muñoz-Cobo, 2005). Griggs *et al.* (1975) encontraron que con temperaturas de $37,8^{\circ}\text{C}$ durante la floración se reduce la producción. Las altas temperaturas también afectan a la polinización, a temperaturas altas se puede romper el tubo polínico, desecar el estilo y degenerar el óvulo.

La región del sudoeste bonaerense posee características climáticas adecuadas para alcanzar los requerimientos del olivo. Es una zona productora de aceites de alta calidad, como lo certifican los premios recibidos, tanto nacionales como internacionales. En el partido de Coronel Dorrego se encuentran cultivadas, aproximadamente, 2.500 hectáreas, implantadas en secano medio siglo atrás. Las cuáles luego de estar prácticamente abandonadas por cuatro décadas, fueron recuperadas; y actualmente muestran todo su potencial productivo. Con la aplicación de riego y criterios modernos de cultivo, la olivicultura se está convirtiendo en una actividad complementaria a los usos tradicionales de la región. En la zona de Faro se concentra la mayor superficie de este cultivo y se ha observado que los daños ocasionados por heladas, en los últimos años, han sido más graves que en otras plantaciones del distrito. Actualmente la variabilidad climática es una preocupación, tanto en términos de alteraciones en los regímenes de lluvias, temperaturas, su evolución a lo largo del tiempo, como por su relación con la dinámica y funcionamiento de los distintos ecosistemas agrícolas.

Conocer la variabilidad de las temperaturas máximas y mínimas en la zona olivícola de Faro y Coronel Dorrego es de fundamental importancia al momento de tomar decisiones respecto de los calendarios olivícolas de la región. Las condiciones meso y microclimáticas son clave para el desarrollo de los cultivos. Fernández-Long *et al.* (2013) mostraron evidencia que en el período 1975-2007 después de analizar varios índices agroclimáticos térmicos ha habido un incremento de la temperatura mínima en la región pampeana. Esta tendencia de cambio a corto plazo podría afectar potencialmente la productividad y en

el caso específico de las heladas deben ser analizadas a diferentes escalas temporales y espaciales para evaluar cambios en la capacidad productora de los diferentes cultivares.

El objetivo del estudio fue comparar el comportamiento estacional de la temperatura diaria de la estación de Coronel Dorrego con los de un campo distante 20 km, en la localidad de Faro y describir su variabilidad temporal y espacial. Asimismo, se hace una revisión y análisis del elemento climático térmico en relación al cultivo del olivo.

2. Materiales y Métodos

Se ha trabajado con datos registrados en la estación meteorológica de la localidad de Coronel Dorrego (en adelante Dorrego) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en convenio con la Municipalidad de Coronel Dorrego ($38^{\circ} 44' 21''$ S, $61^{\circ} 15' 35''$ W); y en la estación de Faro ($38^{\circ} 50' 07''$ S y $61^{\circ} 07' 02''$ W) perteneciente a un productor particular. Dorrego se encuentra a 30 km, en línea recta, del mar y tiene una elevación 103 m/snm y Faro se encuentra a 20 km del mar y tiene una elevación de 63 m/snm (figura 1).

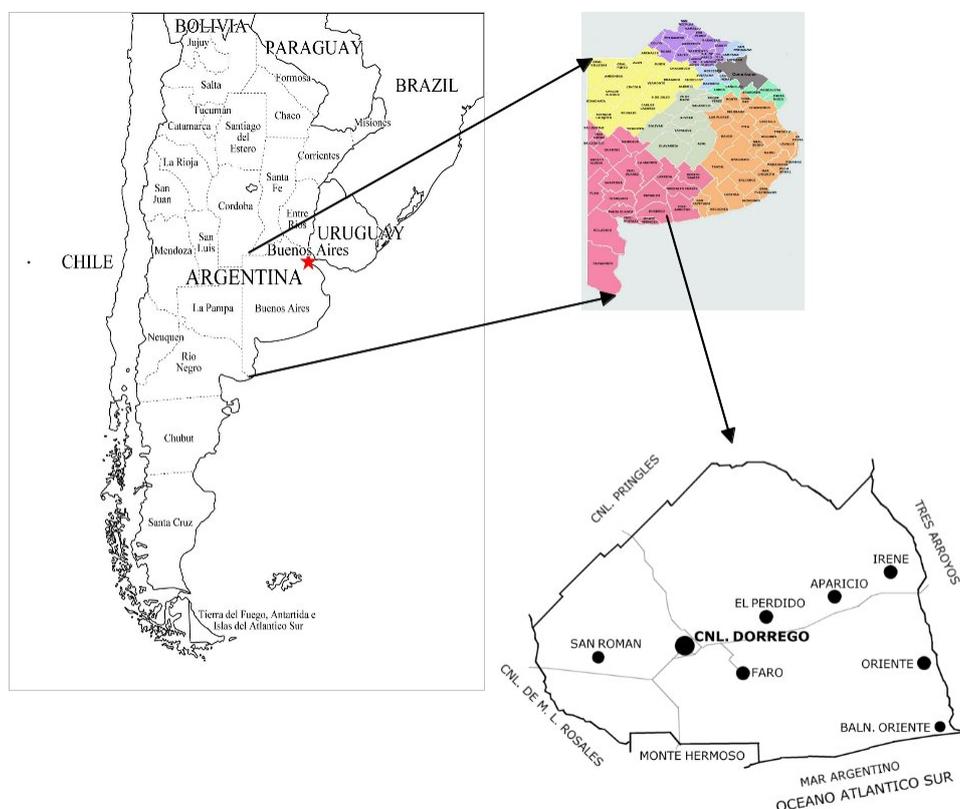


Fig. 1: Ubicación geográfica de las localidades de Coronel Dorrego y Faro en el partido de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

En la estación meteorológica Faro se instalaron dos iButton. Este dispositivo es un chip inserto dentro de un encapsulado de 16mm de espesor de acero inoxidable (figura 2). Cuenta con un sensor de humedad anexo a los registradores de temperatura, constituyendo de esta forma un registrador de temperatura y humedad en un sólo dispositivo. Con esta información, la humedad relativa puede ser registrada en función del tiempo. El dispositivo posee una pequeña abertura con un filtro especial que permite solamente el paso de vapor de agua hacia el interior del dispositivo para alcanzar el sensor de humedad, pero no permite el ingreso de agua líquida. Se utilizó el protocolo de comunicación 1-Wire para rescatar la información almacenada en el iButton.



Fig. 2: Sensor de humedad y temperatura (iButton) utilizados en la estación de Faro. (Foto extraída de la página <http://ibutton.cl/que-es/>).

Se ha trabajado con los datos diarios registrados durante el período comprendido entre los días 1 de Enero del 2007 hasta el 31 de diciembre del 2011. Para el tratamiento de los datos se ha empleado la metodología empleada por Rusticucci y Barrucand (2001). El análisis se realizó en tres fases: 1) en la primera etapa se detectaron registros inexistentes; 2) se buscaron errores “indiscutibles” y detectaron “outliers”; y 3) se analizó la consistencia interna de las series. De esta manera se realizó un control de calidad de los datos para la obtención de una base de datos consistente (Renom, 2009).

La detección de “outliers” siempre es un punto a analizar con detalle, pues en ocasiones no se puede saber con exactitud si se está ante la presencia de un dato real o se trata de un dato erróneo. Los valores Máximos en Dorrego son de $39,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (24/01/2009) y en Faro de $42,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (20/12/2007), en cuanto a los mínimos, se alcanzan $-4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Dorrego el 18/8/2007 y en Faro $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 9/07/2007. Para determinar rangos de valores de temperaturas máximas y mínimas que se puedan considerar “aceptables”, se analizan datos climatológicos de una serie climatológica (1961-1990) característica de la zona, según FAO (2005). Observando los valores de temperaturas mínimas absolutas y máximas absolutas se puede concluir que no hay valores extraordinariamente altos o bajos.

En la fase 3 para el tratamiento y validación de los datos se analizaron las diferencias interdiurnas de las temperaturas máximas y mínimas. Rusticucci y Barrucand (2001) lo realizan a partir de las desviaciones estándar, controlando aquellos datos donde la diferencia entre dos días consecutivos superaba cinco veces la desviación estándar del mes correspondiente. Este tipo de análisis según indican estos autores puede llevar a una conclusión errónea, al poderse tratar de datos reales y no errores, ya que puede haber diferencias entre los valores de temperatura máxima de dos días consecutivos del orden de los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. En este caso hemos tenido en cuenta que los valores de dos días consecutivos no sean muy diferentes en los dos observatorios, entendiendo que un incremento o descenso acusado de las temperaturas se debería a una situación sinóptica temporal común a ambos observatorios (en casos dudosos se ha acudido a datos de observatorios cercanos). El análisis se ha llevado de manera manual eliminado aquellos valores que mostraban una gran variabilidad entre días y a la vez una gran diferencia de registro entre los dos observatorios. Para las mínimas y máximas se han eliminado 10 datos. Además en esas fechas se ha analizado el valor absoluto de los residuos mediante el programa Statgraphics. Un procedimiento común de detección de datos discrepantes consiste en examinar los residuos estandarizados del ajuste de mínimos cuadrados, denominados también residuos estudentizados (Belsley *et al.*, 1980), la diferencia entre los valores observados y los predichos mide qué tan lejos está cada valor individual observado del predicho en el modelo. Es importante eliminar residuos eliminados externamente ya que un gran valor atípico

podría afectar al modelo. Los “residuos estudentizados” mayores a 4 se han estudiado para determinar si son valores aberrantes que debieran ser eliminados del análisis con el fin de una mejora de la calidad de los datos y un mejor tratamiento. Este procedimiento nos permite de una manera fácil validar y mejorar la calidad de los datos eliminando valores atípicos. Para las temperaturas máximas se han eliminado 5 fechas. Además, se ha realizado una caracterización agroclimática de las heladas ocurridas en los dos sitios.

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis de los datos termométricos

Una vez eliminados los errores se ha realizado una estadística de las series de datos diarios de temperaturas máximas y mínimas para el período de observaciones de 5 años 2007-2011. Aunque el número de datos pareciera resultar escaso, a efectos de comparación inter-observatorios de temperaturas diarias es suficiente (1815 datos). Se calcularon valores medios, desviación estándar y percentiles. A continuación se presentan los resultados correspondiente a los valores medios, máximos y mínimos de la temperatura mínima y de la temperatura máxima de las dos series, para las diferentes estaciones del año (verano: diciembre a febrero; otoño: marzo a mayo, invierno: junio a agosto y primavera: septiembre a noviembre), expresados en °C; la desviación estándar y percentiles (tablas 1 y 2).

Tabla 1: Valores medios, máximos, mínimos, desviación estándar y percentiles 5, 95 y 50 de la temperatura mínima diaria (°C) estacional en las estaciones de Dorrego y Faro (2007-2011).

		media	máx.	mín.	desv.	p05	p95	p50
Invierno	Dorrego	4,0	14,8	-4,4	3,5	-1,2	9,8	3,9
	Faro	2,1	14,0	-7,0	3,7	-3,5	8,7	2,0
Primavera	Dorrego	8,4	21,5	-4,1	4,5	1,1	16,0	8,2
	Faro	7,1	21,5	-6,9	4,7	-0,5	15	7,0
Verano	Dorrego	14,9	26,1	5,5	3,9	8,7	20,8	14,8
	Faro	13,8	25,5	3,5	3,9	7,0	20,0	14,0
Otoño	Dorrego	10,2	20,8	-1,0	4,6	2,8	17,5	10,3
	Faro	8,6	20,0	-2,5	4,9	1,0	16,5	8,5

Tabla 2: Valores medios, máximos, mínimos, desviación estándar y percentiles 5, 95 y 50 de la temperatura máxima diaria (°C) estacional en las estaciones de Dorrego y Faro (2007-2011).

		media	máx.	mín.	desv.	p05	p95	p50
Invierno	Dorrego	14,2	28,9	4,8	4,3	7,6	21,7	14,0
	Faro	13,5	28,0	4,5	4,4	7,0	21,5	13,5
Primavera	Dorrego	21,2	35,6	7,7	5,9	11,2	30,9	21,6
	Faro	20,6	36,5	7,0	6,2	10,5	31,0	20,5
Verano	Dorrego	29,1	39,3	18,2	4,8	21,4	36,7	29,2
	Faro	28,5	42,5	17,5	5,2	20,0	36,7	29,0
Otoño	Dorrego	21,4	34,9	6,9	5,4	12,6	29,7	21,6
	Faro	20,9	34,5	5,5	5,6	11,5	29,5	21,0

Se puede observar como las medias de las mínimas son superiores para las cuatro estaciones en Dorrego. Siendo claramente inferiores en Faro los valores mínimos absolutos. En cuanto a los valores máximos, aunque también son superiores en Dorrego las diferencias no son tan claras.

Los valores máximos de desviación estándar se dan con las temperaturas máximas, siendo superiores en primavera y otoño. Para las temperaturas mínimas los valores de desviación estándar son inferiores, siendo superiores en las estaciones de primavera y otoño. Existe una mayor variabilidad de las temperaturas máximas y una mayor homogeneidad en las mínimas.

Los percentiles 5 y 95 se utilizan como umbrales para definir series de temperaturas extremas. Los valores del percentil 5 muestra valores negativos en invierno y primavera en Faro (con -3,5 y -0,5 °C, respectivamente), e inferior a cero en Dorrego en Invierno (con -1,2 °C).

Los valores para las máximas siempre muestran valores positivos, e inferiores a 10 °C, solo en invierno. Esto pone en evidencia cómo en invierno los dos observatorios están expuestos a heladas (más severas en Faro). Y en la estación de primavera solo la estación de Faro está expuesta a temperaturas inferiores a -0,5 °C con una probabilidad menor al 5%. En el verano hay una probabilidad del 5% de que la temperatura máxima supere los 36,7 °C en los dos observatorios y en el invierno este valor es de 21,5 °C (Faro) ó 21,7 °C (Dorrego).

En cuanto a las mínimas los percentiles 95 están en el rango de 8,7 a 20,8 °C, valores menores a 10 °C en invierno para las dos estaciones (8,7 °C Faro; 9,8 °C Dorrego), en primavera 15 °C en Faro y 16 °C en Dorrego; y de 16,5 °C (Faro) y 17,45 °C (Dorrego) en otoño.

Para verificar la relación que existe entre las temperaturas máximas y mínimas en los dos puntos de la zona olivícola se ajustaron modelos de regresión lineal (tabla 3). En el caso de las máximas se observa una marcada similitud en los registros de las dos estaciones y para cada estación del año, con un coeficiente de determinación (R^2) mayor a 95%. En cuanto a las mínimas se observa que los registros de las dos estaciones están menos correlacionados llegando en invierno a obtener un R^2 de 86,8%.

Tabla 3: Ecuaciones y coeficientes de determinación (todos ellos significativos al nivel $\alpha = 0,001$).

Variable (°C)	Ecuaciones	R^2
Temperatura máx.	Dorrego = 1,25 + Faro * 0,9691	98,5
Temperatura mín.	Dorrego = 2,0541 + Faro * 0,925408	97,8
T. máx. verano (dic., ene., febr.)	Dorrego = 3,45932 + Faro * 0,900013	95,3
T. máx. otoño (mar., abr., may.)	Dorrego = 1,41479 + Faro * 0,959899	97,8
T. máx. invierno (jun., jul., ago.)	Dorrego = 1,09749 + Faro * 0,964583	97,0
T. máx. primavera (sep., oct, nov.)	Dorrego = 1,94716 + Faro * 0,936428	97,8
T. mín. verano (dic., ene, feb)	Dorrego = 2,02912 + Faro * 0,937154	92,0
T. mín. otoño (mar., abr., may.)	Dorrego = 2,28479 + Faro * 0,911449	93,7
T. mín. invierno (jun., jul, ago.)	Dorrego = 2,13972 + Faro * 0,875187	86,8
T. mín. primavera (sep., oct, nov.)	Dorrego = 1,92597 + Faro * 0,911156	93,4

3.2. Temperaturas y olivo

A continuación se analizan las temperaturas extremas mínimas, y máximas. Dos factores a analizar, para el desarrollo del cultivo del olivo, son la ocurrencia de heladas y de temperaturas extremas superiores a 37,8 °C.

Temperaturas extremas-mínimas

Elisei y Aguirre (2011) al comparar los factores agrometeorológicos que influyen en el desarrollo del olivo en dos localizaciones diferentes del distrito de Coronel Dorrego, concluyeron que las bajas temperaturas constituyen el mayor riesgo para los olivares, especialmente para aquellos recién implantados. Por helada entendemos el concepto agroclimático que se produce cuando la temperatura del aire registrada es de 0 grados o inferior. Desde el punto de vista de la meteorología agrícola, puede haber helada al producirse una temperatura de cero grados o inferior y sin embargo no haber daños por bajas temperaturas, y a la vez producirse daños por bajas temperaturas en la planta y no haber helada.

En las tablas 4 y 5 se presenta el total de heladas registradas en el período 2007-2011. En los cinco años 79 heladas para Coronel Dorrego (D) y 217 para Faro (F). En el 100% de los años se produjeron heladas. La mayor ocurrencia de heladas fue de 25 y 53 heladas para D y F respectivamente en el año 2007 y la menor ocurrencia de heladas anuales fue de 10 y 35 heladas para D y F respectivamente en el año 2008. Para los años analizados la ocurrencia de heladas es mayor en Faro que en la estación de Coronel Dorrego.

Tabla 4: Frecuencias mensuales y anual de heladas en Coronel Dorrego.

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
2007	0	1	3	12	9	0	0	25
2008	0	1	1	1	4	3	0	10
2009	0	0	3	3	0	6	1	13
2010	0	1	3	4	8	2	0	18
2011	0	0	1	7	2	2	1	13
Total	0	3	11	27	23	13	2	79
%	0	3,79	13,92	34,17	29,11	16,45	2,53	100

Tabla 5. Frecuencia mensual y frecuencia anual de heladas en Faro.

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
2007	0	4	10	19	19	0	1	53
2008	1	4	6	6	11	7	0	35
2009	0	2	7	16	2	9	3	39
2010	1	5	5	16	16	4	0	47
2011	0	1	10	12	9	6	5	43
Total	2	16	38	69	57	26	9	217
%	0,92	7,37	17,51	31,79	26,26	11,98	4,14	100

Las características locales de suelo y topografía podrían influir en el balance energético de los lugares, provocando diferencias en remanente de energía y en la distribución en el campo horizontal de las masas de aire de menor densidad según lo explica Navarro *et al.* (2003) en el trabajo de duración e intensidad de las heladas a escala regional en el centro de la provincia de Buenos Aires. En nuestro caso se dan claras diferencias mesoclimáticas en dos observatorios relativamente próximos.

En las tablas 4 y 5 se observa un agrupamiento de las heladas en los tres meses de invierno y el primer mes de primavera (septiembre), siendo la localidad de Faro la más castigada por la frecuencia de heladas, con un total de 190 días en los cinco años, muy diferente a las heladas producidas en dicho período en Dorrego: 74 días. Si consideramos el porcentaje de la frecuencia mensual para los años de la serie durante el período de Junio a Septiembre, Dorrego representa el 93,65% de ocurrencia; a diferencia de Faro con un valor de 87,54%, indicando que el resto de heladas se traslada a heladas tempranas y tardías. En los años donde las temperaturas fueron menores o iguales a -6 °C, no hubo producción en la localidad de Faro.

En los meses de septiembre y octubre, mientras más se retrasen las heladas tardías o últimas heladas, mayores serán las pérdidas de producción. Se hace hincapié en las heladas tardías como factor limitante porque en la localidad de Faro representan un grave peligro para la rentabilidad del olivo, ya que coinciden normalmente con el principio de la actividad vegetativa de la especie, una vez concluido su período de reposo, y se potencia más aún si la temperatura de los días previos fue alta, situación frecuente en esta región (Elisei *et al.*, 2009).

En las tablas 6 y 7 se presentan las fechas media y extrema de primera y última helada y su variabilidad. Esta información debe interpretarse como datos medios, de manera que en un año particular puede haber heladas antes y/o después de las fechas medias de primera y última helada respectivamente (Mancini *et al.*, 2006). El período medio con heladas es de $262-158=104$ días para Dorrego y $281-128=153$ días para Faro y el período libre de heladas es de 261 y 212 días respectivamente.

Tabla 6. Fecha de primera y última helada y su variabilidad, para la localidad de Dorrego.

Año	Primera helada		Última helada	
	Fecha	Día juliano	Fecha	Día juliano
2007	30 de mayo	150	25 de agosto	237
2008	29 de mayo	150	6 de septiembre	250
2009	23 de junio	174	14 de octubre	287
2010	17 de mayo	137	17 de septiembre	260
2011	26 de junio	177	3 de octubre	276
Promedio	7 de junio	158	19 de septiembre	262
Desvío estándar		17		20

Tabla 7. Fecha de primera y última helada y su variabilidad, para la localidad de Faro.

Año	Primera helada		Última helada	
	Fecha	Día juliano	Fecha	Día juliano
2007	26 de mayo	146	7 de octubre	280
2008	12 de abril	103	15 de septiembre	259
2009	28 de mayo	148	26 de octubre	299
2010	23 de abril	113	23 de septiembre	266
2011	9 de mayo	129	30 de octubre	303
Promedio	8 de mayo	128	8 de octubre	281
Desvío estándar		20		19

Para calcular la variabilidad de la primera y última helada, se utiliza la desviación estándar. La fecha media de primera helada es el 7 de junio y una desviación estándar igual a 17 días para Dorrego y el 8 de mayo para Faro y una desviación estándar de 20 días. Con respecto a la variabilidad de la última helada se determinó para Dorrego el 19 de septiembre con una desviación estándar de 20 días, lo que significa que el rango de ocurrencia de la última helada varía entre ± 20 días de la fecha media, o sea que puede ser entre el 30 de agosto al 9 de octubre. En Faro la fecha media es el 8 de octubre, con una desviación estándar de 19 días. En la tabla 8 se observan las fechas y el rigor anual máximo alcanzado por las heladas, para las dos localidades. Claramente se demuestra la supremacía de fuertes heladas en la localidad de Faro y en época crítica para el desarrollo y crecimiento del olivo. Al finalizar el invierno se desencadena el proceso de brotación. Sus yemas, que se encuentran en las axilas de las hojas, evolucionan a brotes, pero de dos tipos, los brotes vegetativos (los que forman nuevos tallos con hojas y yemas) o los brotes de flor en forma de racimos florales, porque las yemas, aunque no se pueda saber a simple vista en invierno, pueden evolucionar en función de una regulación bioquímica en cualquiera de los dos sentidos. (Rallo, 1994).

Tabla 8: Rigor anual de las heladas (en °C) y fechas de ocurrencia en las dos localidades estudiadas.

Año	Cor. Dorrego		Faro	
	Rigor Anual	Fecha	Rigor Anual	Fecha
2007	-4,4	18/8	-7,0	9/7
2008	-3,4	18/6	-4,0	5/9
2009	-3,3	29/9	-6,0	29/9
2010	-4,1	2/9	-6,9	2/9
2011	-3,3	1/7	-5,0	1/7; 30-31/7; 18/9
Promedio	-3,7		-5,78	

Temperaturas extremas-máximas

En cuanto a temperaturas máximas, en Dorrego sólo hay 6 días con temperaturas superiores a 37,8 °C (tabla 9) no superando los 40 °C en ningún día, en la serie analizada. Estas diferencias locales podrían ser atribuidas a factores mesoclimáticos entre los que se considera la influencia de las poblaciones cercanas. Existe evidencia que esta influencia no sólo se produce en centros urbanos muy poblados sino también se da en ciudades y poblaciones pequeñas (Fernández-Long *et al.*, 2013). También hay que considerar la distribución latitudinal característica del régimen térmico.

En Faro hay 12 días con temperaturas superiores a 37,8 grados llegando a los 42,5 °C el 20 de Diciembre del 2007. Este hecho destaca la mayor termicidad de Faro frente a la estación de Coronel Dorrego.

Tabla 9: Temperaturas máximas mayores de 37,8 °C en las localidades de Dorrego y Faro.

Cor. Dorrego		Faro	
Fecha	T.máx.(°C)	Fecha	T.máx.(°C)
24/01/2009	39,3	20/12/2007	42,5
02/02/2007	38,7	24/01/2009	39,5
21/01/2009	38,4	19/12/2007	39,5
03/02/2007	38,2	21/01/2009	39,0
18/02/2009	38,0	02/02/2007	38,5
23/01/2009	37,9	03/02/2007	38,5
		26/01/2010	38,5
		23/01/2009	38,0
		22/01/2009	38,0
		15/12/2008	38,0
		28/01/2010	38,0
		27/01/2010	38,0

Vernalización

La vernalización es el proceso fisiológico que permite a los vegetales adquirir la aptitud para florecer bajo el efecto del frío. En el olivo la vernalización es el factor natural que origina la desaparición del reposo de las yemas (Connor y Fereres, 2005). Al final del invierno se produce la salida del reposo de las yemas de flor, cuando la subida progresiva de las temperaturas permite una cierta actividad vegetativa del árbol (Rallo, 1994). Para estimar los valores de vernalización se ha empleado el modelo propuesto en Ayerza y Sibbett (2001). El método se basa en el modelo desarrollado para el olivo por Denney y McEachern (1985) y se ha aplicado en Argentina; el modelo emplea las temperaturas media de máximas (T) inferiores a 21,1 °C y superiores a 12,5 °C; y las media de mínimas (t) superiores a 0 °C grados e

inferiores a 12,5 °C. Para los cálculos se considera para el hemisferio sur el período desde el 1 de mayo al 30 de noviembre. Los valores de vernalización obtenidos para las localidades de Coronel Dorrego y Faro son los que se observan en la tabla 10.

Tabla 10: Números de días entre los rangos de $12,5 < T < 21,1$ °C y $0 < t < 12,5$ °C para el período desde el 1 de mayo al 30 de noviembre, para las dos localidades.

	12,5 < T < 21,1 °C		0 < t < 12,5 °C	
	DORREGO	FARO	DORREGO	FARO
2007	106	90	175	152
2008	92	92	176	163
2009	116	110	179	164
2010	105	102	168	160
2011	122	115	174	156

En todos los años se han obtenido un número de días superior a 90 y en la mayoría superior a 100 días. Por lo tanto es de esperar que no existan problemas de vernalización en el área de estudio, siendo Dorrego la zona térmicamente más apropiada.

4. Conclusiones

Existe una correlación significativa entre los registros diarios termométricos, en el caso de las máximas es mayor que en el caso de las mínimas. En invierno están expuestas a heladas las dos estaciones, siendo más severas en Faro, y en la estación de primavera sólo en la estación de Faro está expuesta. La frecuencia de heladas como el período con heladas, es mayor en la localidad de Faro, la variabilidad de las heladas primaverales y el rigor anual en esa fecha hace que represente un factor de riesgo considerable para el éxito de una plantación de olivos en nuestra región. En cuanto a temperaturas máximas, es mayor la termicidad en la estación de Faro. En cuanto a la vernalización no se esperan problemas en el área de estudio. Del estudio realizado se concluye que la zona de Coronel Dorrego es más adecuada para el cultivo del olivo en comparación a la zona de Faro.

5. Bibliografía

- Ayerza R, Sibbett GS (2001): Thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) to the Arid Chaco of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84:277-285.
- Belsley DA, Kuh E, Welsch RE (1980): Detecting and assessing collinearity. *Regression diagnostics: Identifying influential data and sources of collinearity*, pp. 85-191.
- Borgo R, Puertas C, Trentacoste E (2011): Aspectos fisiológicos que afectan la producción. En: *Olivicultura en Mendoza, Raigambre de una actividad que se renueva*. Edic. Fund. Marzano, pp. 111-134.
- Connor DJ, Fereres E (2005): The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews*, 31:155-229.
- Denney JO, McEachern R, (1985): Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea* L.) in Texas. *Agric.For. Meteorol.*, 35:309-327.
- Elisei VR, Aguirre ME (2011): Variables meteorológicas de dos sitios de interés olivícola de Coronel Dorrego. *AgroUns*, Año VII, 15:17-20.
- Elisei VR, Aguirre ME, Commegna MA, Castro S, Santamaría R (2009): Comportamiento de cinco variedades de olivo en el SO bonaerense. XXXII Congreso Argentino de Horticultura, 23-26 de septiembre de 2009, Salta, Argentina.

- FAO (2005): New_LocClim: Local Climate Estimator. *Environment and Natural Resources*, Working paper No. 20 (CD-ROM), October 2005, http://www.fao.org/nr/climpag/pub/en3_051002_en.asp (12/9/2014).
- Fernández-Long ME, Müller GV, Beltrán-Przekurat A, Scarpati OE (2013): Long-term and recent changes in temperature-based agroclimatic indices in Argentina. *International Journal of Climatology*, 33 (7): 1097-0088.
- Griggs WH, Hartmann HT, Bradley MV, Iwakiri BT, Whisler JE (1975): Olive Pollination in California. Bulletin 869, University of California, Davies, CA.
- Mancini M, Coronel A, Sacchi O, Costanzo M (2006): Las heladas en Zavalla: ¿Sufrieron modificaciones en los últimos años? *Agromensajes*, Facultad de Ciencias Agrarias-UNR, Año VII, 20:31-32. 12/8/2013:<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/20/8AM20.htm>
- Navarro M, Vilatte C, Aguas L (2003): Duración e intensidad de las heladas a escala regional, en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y X Congreso Cubano de Meteorología*, 3 al 7 de marzo de 2003, Ciudad de la Habana, Cuba.
- Pastor Muñoz-Cobo M (2005): *Cultivo del olivo con riego localizado : diseño y manejo del cultivo y las instalaciones, programación de riegos y fertirrigación* . Mundi Prensa Libros S.A., Madrid, España.
- Rallo L (1994): Fructificación y producción en olivo. *Agricultura*, 746:725-728.
- Renom M (2009): Temperaturas extremas en Uruguay. Análisis de la variabilidad temporal de baja frecuencia y su relación con la circulación de gran escala. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Rusticucci MM, Barrucand MG (2001): Climatología de temperaturas extremas en la Argentina consistencia de datos, relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de días extremos. *Meteorologica*, 26:69-84.
- Tabuenca MC y Herrero J (1965): Influence of the temperature on the time of blossoming in fruit trees. *An. Aula Dei*, 8:115-153.

