

## Análisis de las temperaturas en tres áreas de interés olivícola en el sudoeste bonaerense, Argentina

Leandro Goñi\* y Gabriela C. Laurent

*Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.*

\* <leandro.goni@uns.edu.ar>

(Recibido: 25-May-2020. Publicado: 29-Jul-2020)

### Resumen

La Argentina es uno de los principales países productores olivícolas del mundo exceptuando la cuenca del mediterráneo europeo. La región del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (SOB) presenta las condiciones edáficas y climáticas aptas para el desarrollo de esta especie. El propósito de este trabajo fue comparar las temperaturas diarias registradas en el período 2005-2017 en las localidades de Coronel Dorrego (Dorrego), Puan y Cabildo, ubicadas entre las latitudes 37-38°S. Se abordó una metodología de análisis de tratamiento de datos termométricos para su aplicación agroclimática en el cultivo del olivo. Las temperaturas extremas no se observaron en los momentos críticos del ciclo de la planta. La mayor cantidad de heladas y las más rigurosas se registraron en Puan, seguido de Cabildo y Dorrego. Se cumplieron los requerimientos de vernalización y no se registraron heladas durante el período de floración. La zona de Coronel Dorrego presentó temperaturas menos rigurosas y por ello podría ser la más adecuada para el cultivo del olivo.

**Palabras clave:** olivo, clima, producción.

### Abstract

*Argentina is one of the main olive producing countries in the world except for the Mediterranean basin. In the southwest of the Buenos Aires province (SOB), the edaphic and climatic conditions are suitable for the normal development of this species, on constant development. The purpose of this study was to compare and analyze daily temperatures registered between 2005-2017 at Coronel Dorrego (Dorrego), Puan and Cabildo. Thermometric data were processed and analysed for their agroclimatic application on olive cultivation. Extreme temperatures were not observed at critical moments of the plant cycle. The frequency of frost and annual severity was higher at the town of Puan, followed by Cabildo and Dorrego. Vernalization requirements were fulfilled and there were no frosts registered during flowering period. This means that the area of Coronel Dorrego could be more suitable for olive cultivation compared to the rest.*

**Key words:** olive, weather, production.

### 1. Introducción

Realizar un análisis de las temperaturas resulta fundamental desde el punto de vista de la Agroclimatología. La acción de la temperatura se manifiesta por la existencia de umbrales de sensibilidad, tanto al frío como al calor, por sus efectos sobre la acumulación de grados-día o suma de temperaturas, por los termoperiodismos y por las incidencias sobre los cambios hídricos (Hernández, 1993). 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 (Almorox *et al.*, 2015).

El cultivo del olivo (*Olea europaea* L.) se extendió desde el sur de Turquía y el norte de Siria al Mediterráneo y desde aquí a otros lugares del mundo. Estas áreas se encuentran en general entre las latitudes 30

y 40° sur y norte. Sin embargo, también se cultiva en otras áreas distintas a las descritas (Denney *et al.*, 1985). La adaptabilidad de las plantas a una determinada zona estará influenciada por diferentes factores climáticos. El olivo tiene la particularidad de que resiste la sequía (Hartmann y Opitz, 1980), se adapta a suelos con pH entre 5,5 y 8,5 y no responde al fotoperiodo. Es la temperatura ambiente la que juega un rol primordial (Denney *et al.*, 1985) en su ciclo de crecimiento, vernalización y reproducción. Cuando las temperaturas cambian gradualmente, la floración se produce de manera normal. De esta forma los tejidos son sometidos a un período más largo de temperaturas intermedias donde la actividad celular es más probable que ocurra, estimulando la floración.

Es importante que exista un proceso de aclimatación del olivo al frío antes de que lleguen las heladas más severas. Esto es lo que sucede en zonas mediterráneas, donde las temperaturas caen de manera paulatina después del verano. Este proceso está asociado al reposo vegetativo, esto es, el cese de crecimiento vegetativo en ramas y hojas. Si bien la sensibilidad al frío en el olivo depende del cultivar, en general, temperaturas inferiores a -7 °C pueden generar daños que afectan la productividad de los árboles, mientras que a temperaturas por debajo de -12 °C los daños pueden ser lo suficientemente severos como para comprometer la supervivencia de la planta (Villalobos y López-Bernal, 2017). El olivo requiere tanto de un período de vernalización como de termoinducción (temperaturas cálidas) para desarrollar flores y frutos (Hartmann, 1953). Temperaturas entre 2,5 °C y 15 °C acumulan en olivo cantidades de frío variables, con un máximo efecto para aquellas en torno a 12,5 °C (Rallo, 1994). Temperaturas en un intervalo entre 15 y 16 °C, dejan de acumular frío y temperaturas superiores anulan parte del frío acumulado (Dos Santos Ramos, 2000; De Melo-Abreu *et al.*, 2004).

Luego del aumento de temperatura en primavera se reanuda el crecimiento vegetativo y se pierde la aclimatación. Las temperaturas apenas por debajo de 0 °C pueden dañar los brotes y las estructuras reproductivas en desarrollo (Villalobos y López-Bernal, 2017). Las temperaturas extremas afectan el ciclo reproductivo de la planta de olivo. De esta manera, las altas temperaturas durante el transcurso de la floración tienen efectos adversos durante la etapa floral, de polinización y de cuajado (Tous Marti y Ferguson, 1996), incrementando la incompatibilidad del polen. Griggs *et al.* (1975) encontraron que una temperatura de 37,8 °C durante la floración produjo frutos más pequeños y en menor cantidad. Ayerza y Sibbett (2001) determinaron la probabilidad de que se produzcan temperaturas dañinas iguales o superiores a 37,8 °C durante la floración para distintas regiones de Argentina, México, Perú, USA, España e Italia.

La Argentina es uno de los principales países productores olivícolas del mundo fuera de la cuenca del mediterráneo. El 91 % de las hectáreas implantadas en el país se concentran entre las provincias de Catamarca (19,9%), La Rioja (33,6%), San Juan (17,0%) y Mendoza (20,5%) (CNA, 2018). Sin embargo, el sudoeste bonaerense (SOB) (1,9%) presenta las condiciones edáficas y climáticas aptas para el normal desarrollo de esta especie (Rossetti, 2016).

El clima es templado con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados. Los valores medios anuales están comprendidos entre 14 °C y 20 °C. Sin embargo, durante el verano las temperaturas pueden superar los 40 °C, mientras que en el invierno se han registrado mínimos de alrededor de los -10 °C (Zapperi *et al.*, 2007). Las precipitaciones medias de la región disminuyen de Este a Oeste cuyos valores son 842 mm en Tres Arroyos y 380 mm en Viedma, con máximos en primavera y en otoño y mínimos en invierno (Gentili *et al.*, 2013). La implicancia práctica del conocimiento de los requerimientos bioclimáticos del olivo reside en poder predecir con determinada precisión la fecha de floración de un monte de olivos para mejorar su adaptabilidad, el control de posibles riesgos de daños por heladas, el manejo fitosanitario, estudios de concentración de polen atmosférico, etc. (Mormeneo, 2008).

Con la aplicación de riego y de nuevos criterios en el manejo del olivar, la olivicultura se está convirtiendo en una actividad complementaria a los usos tradicionales de la región (agricultura y ganadería). 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 las zonas Coronel Dorrego, Puan y Cabildo es de fundamental importancia al momento de tomar decisiones respecto de los calendarios olivícolas de la región. Fernández-Long *et al.* (2013) mostraron evidencia de 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 de este estudio fue comparar el comportamiento estacional de la temperatura y describir su variabilidad temporal y espacial en tres sitios del SOB donde se cultiva el olivo: Coronel Dorrego, Cabildo y Puan.

## 2. Metodología

### 2.1. Área de estudio

Se seleccionaron tres sitios dentro del SOB comprendidos entre las latitudes 37-38° S. Esta área se encuentra al sur de la Provincia Fitogeográfica (PF) Pampeana y en el Distrito del Caldén dentro de la PF del Espinal (Pardiñas *et al.*, 2004).

Los sitios de estudio se encuentran ubicados en los partidos de Puan, Cabildo y Coronel Dorrego (en adelante, Dorrego) (figura 1).

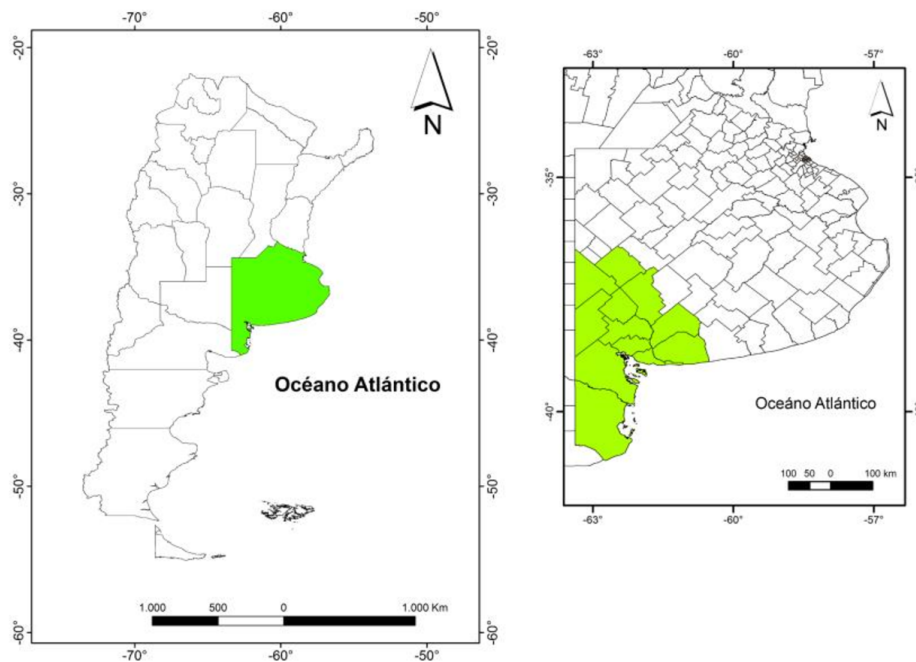


Fig. 1: Izquierda: Mapa de la República Argentina y en verde la provincia de Buenos Aires. Derecha: Mapa de la provincia de Buenos Aires y en verde el sudoeste bonaerense.

### 2.2. Información meteorológica

Los datos meteorológicos utilizados fueron provistos por la Agencia de Extensión Rural de INTA de Coronel Dorrego, Maltería Pampa en Puan y Asociación Cooperativas Argentinas (ACA) de la localidad de Cabildo (series 2005-2017).

Se recopilaron datos diarios y horarios de cada sitio dentro del área de investigación. Los mismos fueron registrados durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2005 y el 31 de diciembre del 2017.

Se analizaron las temperaturas medias, su desvío estándar; máximas y mínimas absolutas de las temperaturas máximas y mínimas diarias en cada estación del año y para cada sitio. Además, se analizaron los percentiles 5 (p05) y 95 (p95), los cuales definen los eventos extremos de temperatura (por debajo de p05 y por encima de p95). El mismo tiene como objetivo caracterizar las temperaturas extremas (máximas y mínimas) para la determinación de umbrales de temperatura del aire, el cual se aborda a partir del análisis de datos diarios de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las 3 estaciones meteorológicas.

### 2.3. Modelo térmico para evaluar el período de vernalización

El modelo térmico desarrollado por Denney *et al.* (1985) se utilizó para evaluar el período de vernalización y el mismo utiliza las temperaturas medias máximas de cada día entre 12,5 y 21,1 °C y las temperaturas medias mínimas de cada día entre 0 y 12,5 °C. Se contabiliza el número de días con temperaturas máximas promedio diarias ( $12,5\text{ °C} < T < 21,1\text{ °C}$ ) y mínimas promedio diarias ( $0\text{ °C} < T < 12,5\text{ °C}$ ). En el hemisferio sur, el período de vernalización utilizando esta metodología abarca desde el 1 de mayo hasta el 30 de noviembre (Ayerza y Sibbett, 2001). A su vez, estos autores dividen el período de vernalización en dos grupos: el período mayor o igual a 100 días (floración normal) y el período menor a 100 días, por considerarlo un valor umbral para el normal desarrollo de la floración.

### 2.4. Temperaturas extremas

Se analizaron los días con temperaturas iguales o superiores a 37,8 °C durante el ciclo del cultivo (Hartmann y Opitz, 1980). Además, se ha realizado una caracterización agroclimática de las heladas ocurridas en los tres sitios, analizando el número de heladas ocurridos, la fecha de la primer y última helada y la temperatura mínima absoluta durante los años de estudio.

Se realizó un análisis para el cálculo de riesgo de ocurrencia de heladas extremas, siguiendo la metodología descrita por Villalobos y López-Bernal (2017). Para este análisis se distingue la probabilidad  $P(T < T_c)$  de ocurrencia de temperatura por debajo de una temperatura crítica ( $T_c$ ) en cualquier año y el riesgo ( $R_i$ ), que es la probabilidad de que el evento ocurra al menos una vez durante la vida útil de la plantación (nd, años; se tomó como referencia 20 años de vida útil). En lugar de riesgo podemos usar certeza ( $C = 1 - R_i$ ), que es entonces la probabilidad de que el evento no ocurra durante la vida útil. Se calculó para cada sitio la probabilidad de ocurrencia de heladas menor a -7 °C. Suponiendo una distribución de Bernoulli, la certeza está relacionada con la probabilidad de tener una temperatura por debajo de  $T_c$  en cualquier año:  $C = [1 - P(T < T_c)]^{nd}$

La probabilidad de ocurrencia de un evento extremo en un año determinado debería calcularse como el cociente entre el número de eventos extremos observados y el número de años de registro. Sin embargo, estamos tratando de eventos muy poco frecuentes, por lo que necesitaríamos registros muy largos, que nunca están disponibles (por ejemplo, 1000 años). Para series de datos cortas lo que hacemos es calcular los parámetros de la distribución estadística subyacente. Se asume una distribución de valores extremos de tipo I, también conocida como distribución de Gumbel:

$$P(T < T_c) = 1 - \exp[-\exp((T_c - \beta)/\alpha)]$$

Combinando las ecuaciones anteriores:

$$C = \exp[-\exp((T_c - \beta)/\alpha)]^{nd}$$

Siendo  $\alpha = \sigma/1,283$  y  $\beta = \mu + 0,577\alpha$

## 2.5. Balance hídrico en los sitios evaluados

En la figura 2 se presenta el balance hídrico para cada sitio (series 1983-2003 en Dorrego, 1980-2009 en Cabildo y 1996-2014 en Puan), donde se observa un marcado déficit de agua en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Estudios realizados en la región pampeana argentina (Podestá *et al.*, 1999) señalan que en los años “Niña” las lluvias tienden a ser inferiores a lo normal entre octubre y diciembre. A su vez, las repercusiones más fuertes de las anomalías ocurren al final de la primavera tanto en eventos “Niño” como en eventos “Niña” en la región pampeana argentina (Bohn *et al.*, 2011).

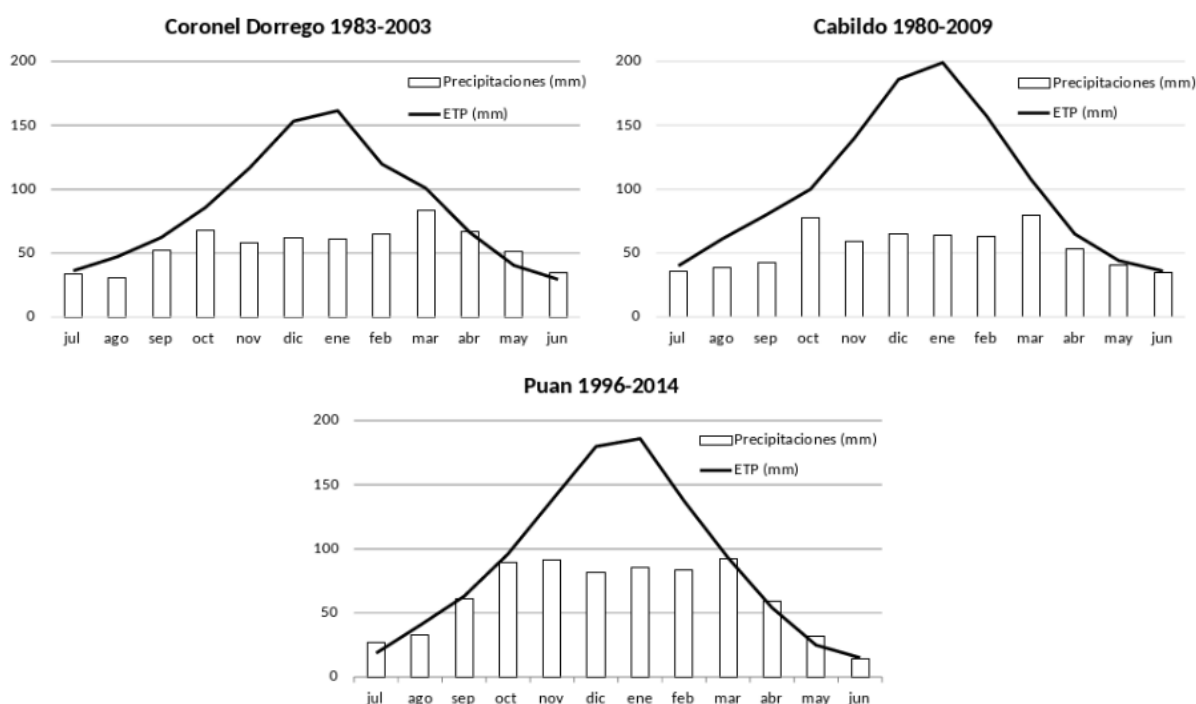


Fig. 2: Balance hídrico en Coronel Dorrego, Cabildo y Puan. (ETP = evapotranspiración potencial).

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Temperaturas diarias estacionales

En la tabla 1 se observa que las medias de las temperaturas máximas diarias presentaron valores superiores en Cabildo mientras que Dorrego presentó los valores más bajos en las cuatro estaciones estudiadas. Respecto a las mínimas absolutas de las temperaturas máximas, Dorrego presentó los valores más bajos, salvo en otoño con un valor medio de 6,4 °C.

Los percentiles 5 (p05) y 95 (p95) fueron utilizados como umbrales para definir las temperaturas extremas. Para las temperaturas máximas diarias los valores de p05 fueron superiores a 10 °C, salvo en invierno, que estuvieron entre 7,8 y 8,3 °C. Esto nos indica que solamente el 5% de las temperaturas estuvieron por debajo de estos valores. Si bien en primavera y verano se registraron máximas absolutas superiores a 37,8°C en las tres localidades estudiadas, el 95% de los registros en verano fueron inferiores 36,4 °C, 36,2 °C y 36,7 °C en Puan, Dorrego y Cabildo respectivamente. En primavera, estación donde ocurre la floración, el 5% de los registros fue mayor a 33,1 °C, 32,7 °C y 33,9 °C en Puan, Dorrego y Cabildo respectivamente.

Tabla 1: Valores medios de temperatura, máximos y mínimos absolutos, desviación estándar (DE) y percentiles 5 y 95 de la media para las temperaturas máximas diarias (°C) estacionales para los sitios de estudio. (Período 2005-2017).

Estación	Sitio	Media	Máx.	Mín.	DE	p05	p95
Invierno	Puan	15,3	31,9	4,8	4,6	8,2	23,7
	Dorrego	14,9	31,7	0,0	4,6	7,8	22,8
	Cabildo	15,5	32,6	3,5	4,5	8,3	23,2
Primavera	Puan	24,1	37,8	8,8	5,6	14,3	33,1
	Dorrego	23,0	38,3	0,0	6,0	12,7	32,7
	Cabildo	24,3	42,1	8,3	5,9	13,9	33,9
Verano	Puan	29,4	42,1	14,3	4,5	21,8	36,4
	Dorrego	28,3	40,1	13,8	5,0	20,1	36,2
	Cabildo	29,4	41,9	15,1	4,8	21,1	36,7
Otoño	Puan	18,8	36,3	5,6	5,8	10,5	29,4
	Dorrego	18,6	34,6	6,4	5,4	10,7	28,2
	Cabildo	19,1	34,9	6,7	5,6	10,8	29,1

Para las temperaturas mínimas (tabla 2), las medias en invierno tuvieron valores entre 3,5 y 5,1 °C, aspecto importante desde el punto de vista productivo teniendo en cuenta que la temperatura adecuada durante el reposo invernal requerida para el olivo está en el rango entre 0 y 15 °C (Villalobos y López-Bernal, 2017) (sumado a que las medias de las temperaturas máximas en invierno fueron entre 14,9 y 15,5 °C).

Las temperaturas mínimas absolutas fueron inferiores a 0°C en otoño, invierno y primavera en las tres localidades. Sin embargo, sólo el 5 % de las temperaturas invernales fueron menores a -2,9 °C, -0,6 °C y -1,9 °C, con mínimas absolutas de -9,7 °C, -4,2 °C y -6,7 °C en Puan, Dorrego y Cabildo respectivamente. En primavera, el 5 % de los registros fue menor a 2,7 °C, 3,1 °C y 2,6 °C. Durante el otoño, el p05 fue de -0,7 °C, 1,7 °C y -0,2 °C en Puan, Dorrego y Cabildo, mientras que las mínimas absolutas fueron entre -4 °C y -8,5 °C. El p95 estuvo en el rango de 10,2 a 11,3 °C en invierno y 20,2 a 25,2 °C en verano, con valores intermedios en primavera y otoño.

Tabla 2: Valores medios de temperatura, máximos y mínimos absolutos, desviación estándar y percentiles 5 y 95 de la media para las temperaturas mínimas diarias (°C) estacionales para los sitios de estudio. (Período 2005-2017).

Estación	Sitio	Media	Máx.	Mín.	DE	p05	p95
Invierno	Puan	3,5	17,3	-9,7	4,0	-2,9	10,2
	Dorrego	5,1	18,8	-4,2	3,7	-0,6	11,3
	Cabildo	4,3	19,0	-6,7	4,1	-1,9	11,1
Primavera	Puan	10,1	20,7	-4,7	4,2	2,7	16,7
	Dorrego	10,3	24,8	-2,7	4,5	3,1	17,7
	Cabildo	10,2	24,4	-4,2	4,7	2,6	17,8
Verano	Puan	14,8	23,1	3,7	3,6	8,5	20,2
	Dorrego	15,4	26,8	5,6	3,8	9,4	21,4
	Cabildo	16,3	36,8	4,6	5,2	9,1	25,2
Otoño	Puan	6,9	20,4	-6,2	4,9	-0,7	15,2
	Dorrego	8,5	22,0	-4,0	4,5	1,7	16,2
	Cabildo	7,4	20,6	-8,5	4,9	-0,2	16,0

Para verificar la fiabilidad de los datos utilizados en este análisis, se observó la relación que existe entre las temperaturas máximas y mínimas en los tres sitios estudiados utilizando correlaciones de Pearson. En general, tanto para las máximas como las mínimas, se observa una marcada similitud en los registros de las tres estaciones meteorológicas y para cada estación del año con un coeficiente de correlación alto, salvo en verano donde los valores fueron más bajos (tabla 3). Las correlaciones de las temperaturas máximas siempre igualaron o superaron a las mínimas para cada estación del año. En primavera los niveles de correlación fueron los mismos tanto para las temperaturas máximas como para las mínimas. En un estudio llevado a cabo en Cnel. Dorrego, Almorox *et al.* (2015) afirmaron que las temperaturas máximas presentaron niveles de correlación superiores a las mínimas, coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo.

Tabla 3: Coeficiente de correlación de Pearson entre las temperaturas promedio máximas y mínimas para cada estación del año. (Período 2005-2017).

Estación		Temp. mínimas			Temp. máximas		
		Puan	Dorrego	Cabildo	Puan	Dorrego	Cabildo
D-E-F	Puan	1	***	Ns	Puan	1	***
	Dorrego	0,75	1	*	Dorrego	0,82	1
	Cabildo	0,28	0,41	1	Cabildo	0,83	0,87
M-A-M	Puan	1	***	***	Puan	1	***
	Dorrego	0,93	1	***	Dorrego	0,94	1
	Cabildo	0,81	0,79	1	Cabildo	0,95	0,99
J-J-A	Puan	1	***	***	Puan	1	***
	Dorrego	0,89	1	***	Dorrego	0,91	1
	Cabildo	0,86	0,92	1	Cabildo	0,89	0,94
S-O-N	Puan	1	***	***	Puan	1	***
	Dorrego	0,96	1	***	Dorrego	0,96	1
	Cabildo	0,97	0,98	1	Cabildo	0,97	0,98

(D-E-F: dic-ene-feb; M-A-M: mar-abr-may; J-J-A: jun-jul-ago; S-O-N: sep-oct-nov. \*, \*\*, \*\*\*, ns; correlación significativa a 0,05, 0,01, 0,001 y no significativa ( $p > 0,05$ ), respectivamente).

### 3.2. Temperaturas mínimas

Se considera helada a un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores o iguales a 0 °C. La ocurrencia de heladas en la región se producen normalmente por advección de aire polar con consecuente enfriamiento por radiación (Scian, 2010). Los órganos del olivo muestran distinto grado de sensibilidad a la helada (Gómez del Campo *et al.*, 2004). El orden de sensibilidad es: raíces secundarias > raíces primarias > hojas apicales > hojas basales > brotes > yemas vegetativas (Mancuso, 2000; Fiorino y Mancuso, 2000). Prácticas culturales tales como la poda, el riego y la fertilización afectan en mayor o menor medida la resistencia de la planta a un estrés por congelación. La edad del árbol es también importante, puesto que árboles jóvenes se dañan más severamente que los más adultos cuando sufren los efectos de las bajas temperaturas (Fontanazza y Preziosi, 1969). Si bien la intensidad es un factor importante, la duración del fenómeno de heladas también puede afectar la producción y, en algunos casos, la supervivencia de la planta (Babelis *et al.*, 2013).

Durante la floración del olivo, temperaturas próximas a 0 °C pueden provocar la formación incompleta de la flor. En el período de crecimiento las temperaturas inferiores a 0 °C dañan el fruto, reduciendo la producción y la calidad del aceite (Carbó, 2002).

Se presentan en las tablas 4, 5 y 6 la frecuencia mensual y anual de heladas para los tres sitios de estudio. El número medio de heladas anual fue de 24 (315 heladas/13 años) en Puan, 9 (116/13) en Dorrego y 20 (254/13) en Cabildo.

Tabla 4: Frecuencia mensual y anual de heladas en Puan.

PUAN	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total
2005	0	2	2	9	6	3	0	0	22
2006	0	4	3	7	6	2	0	0	22
2007	0	7	11	18	12	0	0	0	48
2008	2	4	3	0	5	5	0	0	19
2009	0	3	6	16	3	2	0	0	30
2010	1	3	2	11	9	1	0	0	27
2011	0	1	4	10	8	1	0	0	24
2012	0	1	9	18	3	0	1	0	32
2013	0	3	9	8	10	3	1	0	34
2014	0	1	5	5	3	0	0	0	14
2015	0	0	8	7	0	2	1	0	18
2016	0	1	4	3	1	4	0	0	13
2017	0	0	7	3	2	0	0	0	12
Total	3	30	73	115	68	23	3	0	315
%	1,0	9,9	21,8	37,0	21,8	7,6	1,0	0,0	100

Tabla 5: Frecuencia mensual y anual de heladas en Coronel Dorrego.

DORREGO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total
2005	0	0	2	2	1	1	0	0	6
2006	0	0	2	1	1	0	0	0	4
2007	0	1	2	11	6	0	0	0	20
2008	0	1	1	1	3	2	0	0	8
2009	0	0	3	3	0	4	0	0	10
2010	0	0	2	1	7	1	0	0	11
2011	0	0	1	6	2	1	0	0	10
2012	0	0	1	11	2	1	0	0	15
2013	0	1	2	1	3	1	0	0	8
2014	0	0	1	2	0	0	0	0	3
2015	0	0	3	3	0	1	1	0	8
2016	0	0	1	2	0	2	0	0	5
2017	0	0	3	3	2	0	0	0	8
Total	0	3	24	47	27	14	1	0	116
%	0,0	2,6	20,7	40,5	23,3	12,1	0,9	0,0	100

Tabla 6: Frecuencia mensual y anual de heladas en Cabildo.

CABILDO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total
2005	0	1	4	6	3	5	2	0	21
2006	0	4	7	0	2	1	0	0	14
2007	0	3	9	15	12	1	0	0	40
2008	0	5	4	4	7	2	0	0	22
2009	0	0	3	7	0	5	0	0	15
2010	2	3	4	8	8	4	0	0	27
2011	0	0	7	6	7	1	2	0	23
2012	0	0	7	14	4	1	0	0	26
2013	0	0	5	5	9	2	0	0	21
2014	0	0	2	3	2	1	0	0	8
2015	0	0	3	5	0	2	1	0	11
2016	0	1	4	3	1	6	0	0	15
2017	0	2	2	5	0	2	0	0	11
Total	2	19	61	81	55	33	5	0	254
%	0,8	7,5	24,0	31,9	21,7	13,0	2,0	0,0	100



En Puan se registraron 3 heladas en abril (2 en 2008 y 1 en 2010), mientras que en Cabildo sólo 2 (2010). En Dorrego no se registraron temperaturas bajo cero durante el mes mencionado. La mayor cantidad de heladas durante el mes de mayo se observó en Puan, con una media de 2,3 heladas (30 registros/13 años), mientras que en Dorrego la media fue menor a 1 (3 registros/13 años). Cabildo presentó una media de 1,5 heladas (19 registros/13 años).

Las heladas se concentraron en los meses de junio, julio y agosto. Sin embargo, a pesar que la fecha media de floración ocurre, en promedio, el 6 de noviembre en la región (Goñi, datos no publicados), no se registraron temperaturas menores o iguales a 0 °C en dicho mes durante los 13 años de registros. La información sobre ocurrencia de temperaturas congelantes o levemente superiores a 0 °C es muy importante ya que puede provocar la formación incompleta de la flor, reduciendo la polinización y el cuajado de frutos. Estos daños serán menores cuanto menor sea la duración de las bajas temperaturas y la brusquedad con que se produzcan. Favorablemente, la población de flores muestra una gran variabilidad en velocidad de desarrollo que resulta en un largo período (10-14 días) entre la primera y la última flor abierta, por lo tanto, el impacto de las temperaturas extremas será limitado y puede ser posteriormente compensado por la reducción de la caída de frutos en post-floración (Villalobos y López-Bernal, 2017). La ocurrencia de heladas durante el mes de octubre fue de 23% en Puan (3 años con heladas en el mes mencionado), 8% en Dorrego (1 año con heladas) y 39% en Cabildo (5 años con heladas).

Según diversos autores (Alcalá y Barranco, 1992; Galán *et al.*, 2005) la variable climática más influyente en ciertas fases es la temperatura, por ejemplo en el desarrollo reproductivo. La fecha media de la primera helada fue el 17 de mayo con un desvío estándar de 17 días para Puan, el 13 de junio con un desvío de 13 días en Dorrego y el 26 de mayo con un desvío de 17 días en Cabildo. La fecha media de la última helada fue el 14 de septiembre con un desvío de 22 días en Puan, el 8 de septiembre con un desvío de 22 días en Dorrego y el 2 de octubre con un desvío de 13 días en Cabildo. El período medio con heladas fue de 122 días (17 de mayo al 14 de septiembre) en Puan, 87 días (13 de junio al 8 de septiembre) en Dorrego y 129 días (26 de mayo al 2 de octubre) en Cabildo (tablas 7, 8 y 9).

El desarrollo de los frutos de olivo se extiende desde la antesis, a finales de primavera, hasta la recolección, con máxima concentración de aceite a mediados de otoño (Rondanini *et al.*, 2014). Con cerca de 2500 ha de montes de olivo, el partido de Coronel Dorrego concentra el 94,5% de la producción bonaerense (Elisei y Aguirre, 2011). En el SOB, el principal destino de la producción de aceitunas es la elaboración de aceite, obteniéndose productos de excelente calidad (Obiol *et al.*, 2006). Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia de heladas durante la cosecha podría afectar la calidad de los mismos. La recolección de aceitunas comienza en el mes de abril (Eliás y Barbero, 2017) y puede extenderse hasta fines del mes de junio (Vilar *et al.*, 2015). En Dorrego no ocurrieron heladas en abril y se registraron 3 años con heladas en el mes de mayo, es decir una ocurrencia de 23%. En Puan se registraron 2 años con heladas en abril y 11 años con heladas en mayo (15% y 85% de ocurrencia, respectivamente); mientras que en Cabildo las heladas en abril ocurrieron en 1 ocasión y en 7 oportunidades en el mes de mayo (8% y 54% de ocurrencia, respectivamente). Las heladas afectan los procesos característicos de la maduración tales como la pérdida de textura de la pulpa, la respiración, la producción de etileno y la actividad de enzimas pectolíticas (Morelló *et al.*, 2003). Estos cambios podrían influir en la composición y características físico-químicas, principalmente en el estado oxidativo de los aceites. Es por ello que la época de recolección debe ser un aspecto importante a considerar ya que la ocurrencia de heladas en este período puede afectar a la composición y características organolépticas de los aceites (Civantos *et al.*, 1992; Humanes y Civantos, 1993).

Tabla 7: Fecha de la primer y última helada en Puan.

PUAN Año	Primera helada		Última helada	
	Fecha	Día juliano	Fecha	Día juliano
2005	21 de mayo	141	12 de septiembre	255
2006	18 de mayo	138	5 de septiembre	248
2007	7 de mayo	127	30 de agosto	242
2008	13 de abril	104	13 de septiembre	257
2009	18 de mayo	138	28 de septiembre	271
2010	23 de abril	113	2 de septiembre	245
2011	20 de mayo	140	3 de octubre	276
2012	5 de junio	157	10 de octubre	284
2013	7 de mayo	127	24 de octubre	297
2014	23 de mayo	143	27 de agosto	239
2015	12 de junio	163	3 de octubre	276
2016	18 de mayo	139	23 de septiembre	267
2017	5 de junio	156	3 de agosto	215
Promedio	17 de mayo	137	14 de septiembre	259
Desvío est.		17		22

Tabla 8. Fecha de la primer y última helada en Coronel Dorrego.

DORREGO Año	Primera helada		Última helada	
	Fecha	Día juliano	Fecha	Día juliano
2005	13 de junio	164	1 de septiembre	244
2006	10 de junio	161	21 de agosto	233
2007	30 de mayo	150	25 de agosto	237
2008	29 de mayo	150	5 de septiembre	249
2009	23 de junio	174	29 de septiembre	272
2010	15 de junio	166	2 de septiembre	245
2011	26 de junio	177	23 de septiembre	266
2012	16 de junio	169	22 de septiembre	266
2013	15 de mayo	135	22 de septiembre	265
2014	26 de junio	177	27 de julio	208
2015	18 de junio	169	10 de octubre	283
2016	27 de junio	178	29 de septiembre	273
2017	5 de junio	156	16 de agosto	228
Promedio	13 de junio	164	8 de septiembre	251
Desvío est.		13		22

Tabla 9: Fecha de la primer y última helada en Cabildo.

CABILDO Año	Primera helada		Última helada	
	Fecha	Día juliano	Fecha	Día juliano
2005	7 de mayo	127	10 de octubre	303
2006	20 de mayo	140	4 de septiembre	247
2007	29 de mayo	149	7 de octubre	280
2008	25 de mayo	146	5 de septiembre	279
2009	3 de junio	154	30 de septiembre	273
2010	23 de abril	112	23 de septiembre	266
2011	3 de junio	154	3 de octubre	276
2012	6 de junio	158	26 de septiembre	270
2013	8 de junio	159	22 de septiembre	265
2014	14 de junio	165	15 de septiembre	289
2015	18 de junio	169	10 de octubre	283
2016	3 de mayo	123	24 de septiembre	267
2017	27 de mayo	147	28 de septiembre	271
Promedio	26 de mayo	146	2 de octubre	275
Desvío est.		17		13

Otro aspecto importante es el registro de las temperaturas mínimas absolutas (tabla 10). Aunque el olivo requiere un período de bajas temperaturas para la salida del reposo de las yemas de flor y posterior floración, la temperatura mínima a la que se somete la planta en invierno es uno de los factores más limitantes para el crecimiento del árbol. Por otro lado, las heladas primaverales limitan la productividad y las otoñales, la calidad de los aceites. Las heladas más rigurosas se observaron en Puan, con una temperatura mínima absoluta en los 13 años evaluados de  $-9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el mes de julio (año 2007) y una media de  $-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; seguidas de Cabildo con el registro más bajo de  $-8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el mes de junio (en 2005) y una media de  $-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; y por último Dorrego, con una temperatura mínima absoluta de  $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el mes julio (2007) y una media de  $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Como se mencionó anteriormente, los sitios estudiados no presentaron temperaturas extremas en los meses de abril y mayo. La cercanía al mar de Dorrego podría ser un factor atenuante del frío (Gómez del Campo *et al.*, 2004), lo que provocó que no existan temperaturas muy bajas en dicha área. Sin embargo, si la recolección se realiza en el mes de junio, existen registros de temperaturas que podrían generar daños muy importantes en las características del aceite (el 14 de junio de 2005 se registró una helada de  $-6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en Puan;  $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en Dorrego y de  $-8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en Cabildo). Por otro lado, Larcher (1970) afirmó que el olivo sufre severos daños por debajo de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; y a  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  pueden producirse lesiones en la parte aérea de la planta (Pallioti y Bonghi, 1996). Si bien en Dorrego no se observó una temperatura de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en el resto de los sitios se registraron temperaturas mínimas absolutas entre los  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vita Serman (2015) menciona que los otoños lluviosos o con abundantes dosis de riego junto con altas temperaturas, mantienen un activo crecimiento vegetativo provocando una menor tolerancia al frío en invierno. Durante los años analizados en el presente estudio, la temperatura nunca alcanzó los  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se calculó el riesgo de ocurrencia de heladas de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  en 20 años, siguiendo la metodología adoptada por Villalobos y López-Bernal (2017). Con los datos de la tabla 10, y a modo de ejemplo, se detalla el procedimiento para Puan:

Considerando que la media de las temperaturas mínimas absolutas ( $\mu$ ) en Puan es  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , su desvío estándar ( $\sigma$ ) de 1,92 (tabla 10),  $\alpha = \sigma/1,283$  y  $\beta = \mu + 0,577\alpha$ ,  $\alpha$  será 1,5 y  $\beta$  será  $-4,14$ , obteniendo la siguiente certeza  $C$ :

$$C = \exp[-\exp((T_c - \beta)/\alpha)]^{nd}$$

$$C = \exp[-\exp((-7 - (-4,14))/1,5)]^{nd}$$

$$C = 0,05$$

Este valor nos indica que el riesgo en Puan de que se produzcan lesiones en la parte aérea de la planta en 20 años debido a las heladas (temperatura de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) es del 95%. De forma análoga, el riesgo de que se produzcan heladas de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  es de 5% en Dorrego y 95% en Cabildo. A partir del registro de 13 años, el 8% de los inviernos (1 registro/13 años) en Puan y Cabildo presentó una temperatura menor a  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que en Dorrego nunca se llegó a ese valor. En comparación a otras regiones olivareras, en un trabajo llevado a cabo en el Valle del Tulum en San Juan observaron muy baja probabilidad que se produzcan descensos térmicos hasta o por debajo de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la mayor parte del área (Babelis *et al.*, 2013). Gómez del Campo *et al.* (2010) mencionan que en este sitio el 45% de los inviernos estudiados (dos temporadas) presentó una temperatura mínima absoluta de  $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ocasionando bajas producciones. Elisei y Aguirre (2011) coinciden que el olivo puede resistir una temperatura de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  en reposo vegetativo y con  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  sufre daños graves.

Prácticas culturales tales como la poda, el riego y la fertilización afectan en mayor o menor medida la resistencia de la planta a un estrés por congelación. La poda en otoño antes de las heladas provoca que la copa del olivo quede expuesta y produce un crecimiento vegetativo el cual no tiene tiempo suficiente para endurecer antes de que llegue el frío intenso. Además, la aplicación tardía de fertilizantes nitrogenados, es decir, en cantidades que persistan en otoño, pueden provocar un crecimiento vegetativo continuo que no endurecerá antes de que llegue el invierno. Por otro lado, aplicar un adecuado riego en primavera estimularía la recuperación del daño por temperaturas de congelamiento (Ruiz *et al.*, 2002). Vita Serman (2015) observó que la menor resistencia a la congelación estuvo en aquellas plantas que no disminu-

yeron la tasa de crecimiento de brotes en otoño, y tanto la aclimatación por frío como el estrés hídrico aumentaron la resistencia a la congelación.

Tabla 10: Temperaturas mínimas absolutas anuales (TMA) para los sitios de estudio.

Año	Puan		Dorrego		Cabildo	
	TMA (°C)	Fecha	TMA (°C)	Fecha	TMA (°C)	Fecha
2005	-6,1	14 de junio	-4,0	14 de junio	-8,5	14 de junio
2006	-3,4	21 de agosto	-1,0	6 de junio	-3,0	11 de junio
2007	-9,7	9 de julio	-4,2	8 de julio	-6,4	9 de julio
2008	-3,8	17 de agosto	-3,2	18 de junio	-4,9	5 de septiembre
2009	-3,6	23 de junio	-2,7	29 de septiembre	-4,4	29 de septiembre
2010	-6,8	2 de agosto	-3,9	2 de septiembre	-6,6	18 de julio
2011	-4,8	4 de agosto	-3,2	1 de julio	-4,2	23 de septiembre
2012	-6,2	7 de junio	-2,8	15 de julio	-5,8	15 de julio
2013	-6,0	19 de junio	-3,3	26 de agosto	-6,5	25 de agosto
2014	-4,1	26 de julio	-2,2	27 de julio	-2,1	27 de julio
2015	-3,9	23 de junio	-2,3	23 de junio	-2,5	23 de junio
2016	-2,4	21 de agosto	-1,3	27 de julio	-3,2	17 de julio
2017	-4,2	19 de junio	-2,1	16 de julio	-2,6	20 de junio
Promedio	-5,00		-2,78		-4,67	
Desvío est.	1,92		0,99		1,98	

### 3.3. Temperaturas máximas extremas

La planta de olivo puede llegar a soportar temperaturas de 40 °C y hasta 50 °C, aunque las temperaturas adecuadas en verano para la fructificación no debieran superar los 35 °C ni tampoco estar por debajo de los 25 °C (Tapia *et al.*, 2009). Ayerza y Sibbet (2001) afirman que las temperaturas mayores a 37,8 °C son un gran inconveniente que atraviesa el chaco árido en Argentina. De acuerdo a los datos registrados en nuestro estudio, las máximas temperaturas corresponden a los meses de diciembre a febrero (desde el 15 de diciembre hasta el 22 de febrero), por lo que se ven ampliamente disminuidos los riesgos de daños por altas temperaturas en la fase de floración (tabla 11). Sin embargo, estas temperaturas pueden incidir en la maduración y síntesis de ácidos grasos, carbohidratos y otros compuestos de la aceituna (García *et al.*, 2013). En Dorrego se registró una temperatura superior a los 40 °C en enero de 2012, lo que significa 8% de ocurrencia en el mes mencionado (1 registro en 13 años), mientras que hubo dos eventos en Puan (enero de 2012 y 2014) y 3 en Cabildo (años 2006, 2012 y 2017), equivalentes a 15% y 23% de ocurrencia respectivamente. En el mes de diciembre únicamente en Cabildo se registraron temperaturas mayores a 40 °C, con una ocurrencia de 8% (año 2013). En este sitio se registraron temperaturas máximas mayores o iguales a 37,8 °C con una ocurrencia del 46% en el mes de diciembre (años 2006, 2011, 2013, 2015, 2016 y 2017), mientras que en Puan y Dorrego del 23% (años 2013, 2015 y 2017). En enero, la ocurrencia de temperaturas mayores o iguales a 37,8 °C fue de 31% en Cabildo (años 2006, 2010, 2012 y 2017) y 39% en Puan (años 2009, 2010, 2012, 2014 y 2017) y Dorrego (años 2006, 2009, 2012, 2014 y 2017). Durante el mes de febrero, la ocurrencia de esta temperatura fue de 31% en Cabildo (años 2006, 2007, 2009 y 2017), 23% en Puan (años 2009, 2012 y 2017) y 15% en Dorrego (años 2007 y 2009). Los valores de temperatura observados son más bajos a los que se registran en otras regiones olivareras de Argentina, como por ejemplo en el Valle Central de Catamarca y en La Rioja, donde las temperaturas alcanzan 45 °C en verano (Gómez del Campo *et al.*, 2010). También en zonas olivareras de España, las temperaturas estivales alcanzan comúnmente los 40 °C como es el caso de Toledo (García *et al.*, 2002). En la Comunidad de Andalucía (España), las temperaturas máximas alcanzan los 43-45 °C en verano (Redolfi *et al.*, 2003), valores superiores a los registrados en los sitios evaluados en este estudio. Si bien en febrero se registraron algunas temperaturas superiores a 37,8 °C, nunca superaron los 40 °C, lo cual toma relevancia teniendo en cuenta que las temperaturas alcanzadas durante los meses de mayor síntesis

de aceite (febrero y marzo) serían las que mayor impacto tendrían sobre el contenido de aceite, mientras que las temperaturas alcanzadas próximas al endurecimiento del hueso son las que mejor explicarían las variaciones en la composición de ácidos grasos. Las temperaturas máximas durante la cosecha del olivo también puede afectar la calidad del aceite. En Catamarca la recolección del fruto comienza en marzo, mes donde la temperatura máxima promedio puede llegar a 31 °C y pueden iniciarse fermentaciones en la aceituna (Gómez del Campo *et al.*, 2010), mientras que en el SOB la media máxima no alcanza ese valor, teniendo en cuenta que la cosecha comienza en abril (Elias y Barbero, 2017).

Tabla 11: Temperaturas máximas  $\geq 37,8$  °C para los sitios de estudio. (Período 2005-2017).

Puan		Dorrego		Cabildo	
Fecha	T.máx. (°C)	Fecha	T.máx. (°C)	Fecha	T.máx. (°C)
23/01/2009	37,8	27/01/2006	39,5	28/01/2006	40,3
24/01/2009	39,2	02/02/2007	38,3	18/02/2006	38,4
14/02/2009	37,8	03/02/2007	37,9	19/02/2006	37,9
18/02/2009	38,4	21/01/2009	38,2	31/12/2006	39,0
19/02/2009	38,1	24/01/2009	39,0	02/02/2007	39,6
24/01/2010	38,3	18/02/2009	37,8	03/02/2007	38,2
27/01/2010	38,7	01/01/2012	37,9	18/02/2009	38,5
28/01/2010	39,2	08/01/2012	38,4	27/01/2010	38,0
05/01/2012	38,9	09/01/2012	40,1	27/12/2011	37,9
08/01/2012	39,0	16/12/2013	38,3	01/01/2012	38,3
09/01/2012	40,5	23/12/2013	38,2	04/01/2012	38,3
12/02/2012	37,9	06/01/2014	38,6	05/01/2012	40,9
15/12/2013	37,8	17/01/2014	39,5	07/01/2012	38,0
16/12/2013	39,4	30/01/2014	38,1	08/01/2012	39,2
17/12/2013	38,1	26/12/2015	37,9	09/01/2012	40,6
23/12/2013	38,5	20/01/2017	38,4	14/12/2013	38,6
06/01/2014	39,4	29/12/2017	38,6	15/12/2013	38,7
17/01/2014	42,1			16/12/2013	42,1
18/01/2014	38,9			17/12/2013	38,7
20/01/2014	38,0			20/12/2013	39,3
27/12/2015	38,2			21/12/2013	39,2
20/01/2017	39,1			22/12/2013	41,9
21/01/2017	39,8			23/12/2013	40,4
02/02/2017	39,9			27/12/2015	39,7
29/12/2017	38,4			20/12/2016	37,9
				19/01/2017	38,5
				20/01/2017	40,1
				28/01/2017	38,1
				29/01/2017	38,2
				22/02/2017	38,0
				28/12/2017	38,7
				29/12/2017	38,8

### 3.4. Período de vernalización

El frío invernal es considerado esencial y tal vez el factor primario para la inducción de la floración en el olivo (Denney y McEachern, 1983). En todos los sitios se obtuvo un número medio de días superior a 100, es decir que se cumplieron los requerimientos de vernalización, según la metodología utilizada

por Denney *et al.* (1985). Esto coincide con los resultados hallados por Almorox *et al.* (2015) en un trabajo realizado en la región utilizando la misma metodología, donde se concluyó que el período de vernalización se completa exitosamente en la zona estudiada. La misma también fue utilizada por Ayerza y Sibbett (2001), quienes dividieron los períodos de vernalización de 19 sitios en dos grupos: período mayor o igual a 100 días y período menor a 100 días. Ellos concluyeron que la región mediterránea cumplía el período con un número mayor a 100 días, mientras que en regiones de Argentina algunos sitios no cumplieron este requerimiento, como Catamarca y La Rioja, y otros como San Juan y Mendoza excedieron ese valor. En España la duración más larga fue en Zaragoza, con 200 días, y en Italia en Crotona y Palermo, con 190 días. Según Gómez del Campo *et al.* (2010) en los valles de La Rioja Capital y Catamarca el período invernal es más corto. Tal es así, que las temperaturas suaves a lo largo del año modifican el ritmo de crecimiento vegetativo del olivo respecto a la Cuenca Mediterránea y causan problemas de exceso de vigor.

Los tres sitios presentaron valores muy similares, entre 159 y 177 días para las temperaturas mínimas promedio diarias y entre 108 y 115 para las temperaturas máximas promedio diarias (tabla 12). Sin embargo, Dorrego tuvo un período de vernalización mayor al de Puan y Cabildo, por lo cual podría ser el sitio más adecuado para implantar otras variedades de mayor requerimiento de frío. Esta similitud en los valores hallados podría deberse a que prácticamente no hay diferencias de altitud entre los sitios, además de encontrarse en una latitud similar (Gómez del Campo *et al.*, 2010). Según Campo de Ferreras *et al.* (2004), las localidades situadas en proximidades al Sistema de Ventania, como es Puan, muestran menor amplitud térmica al que les correspondería tener por pertenecer al clima continental.

Tabla 12: Período de vernalización. Número de días con temperaturas mínimas promedio diarias ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y máximas promedio diarias ( $12,5\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en los tres sitios de estudio.

Año	12,5 °C < T.mín. < 21,1 °C			0 °C < T.máx. < 12,5 °C		
	Puan	Cabildo	Dorrego	Puan	Cabildo	Dorrego
2005	105	109	104	168	166	174
2006	116	100	127	170	144	193
2007	103	103	103	148	164	178
2008	91	88	96	166	156	178
2009	117	95	118	157	143	180
2010	88	109	115	131	168	178
2011	88	108	119	136	140	170
2012	117	106	114	159	146	163
2013	109	95	96	159	147	157
2014	124	105	132	175	150	184
2015	132	135	121	174	174	172
2016	111	120	104	188	182	188
2017	131	136	144	191	190	181
Promedio	110	108	115	163	159	177
Desvío est.	14,9	14,4	14,3	17,8	16,1	9,7

#### 4. Conclusiones

La expansión de la olivicultura a zonas más frías del país en comparación a las tradicionales y el aumento de la superficie implantada con olivos en el SOB cuyo destino es la producción de aceite, principalmente de la variedad Arbequina, ha planteado la necesidad de generar información regional acerca del clima local.

Los sitios evaluados en el SOB cumplen con los requerimientos de frío para que ocurra la brotación de las yemas de olivo debido al aumento de las temperaturas primaverales. Las heladas se concentraron

en los meses de junio, julio y agosto. Las temperaturas mínimas absolutas fueron inferiores a 0 °C en invierno, otoño y primavera. Solo el 5 % de temperaturas invernales fue inferior a -2,9 °C; -0,6 °C; -1,9 °C con mínimas absolutas en otoño-invierno de -9,7 °C; -4,2 °C y -8,5 °C en Puan, Dorrego y Cabildo, respectivamente. El período medio con heladas fue de 129 días en Cabildo, 122 días en Puan y 87 días en Dorrego. Si tomamos como referencia una vida útil del olivar de 20 años, el riesgo de ocurrencia de temperaturas de -7 °C es del 95 % en Puan y Cabildo y del 5 % en Dorrego, siendo improbable una temperatura de -12 °C para todos los sitios.

Durante el período medio de floración del olivo no existieron riesgos de daños por heladas durante los 13 años de registros. Sin embargo, un aumento inusual de la temperatura primaveral provocaría el adelantamiento del inicio de la floración, en el mes de octubre, poniendo en riesgo la producción de frutos. Se observó que la ocurrencia de heladas durante el mes de octubre fue de 39 % en Cabildo, 23 % en Puan y 8 % en Dorrego. Afortunadamente, la población de flores muestra una gran variabilidad en velocidad de desarrollo que resulta en un largo período entre la primera y la última flor abierta, por lo tanto, el impacto de estas temperaturas será limitado. El excesivo calor también puede provocar daños en floración. Durante los años analizados las temperaturas extremas máximas que incrementarían las pérdidas de rendimiento (mayores a 37,8 °C) no se observaron en esta fase durante el estudio. Por el contrario, ocurrieron en la época estival, durante los meses de diciembre, enero y febrero. La probabilidad de ocurrencia de temperaturas superiores a 37,8 °C fue de 23 %, 39 % y 15 % en Dorrego; 23 %, 39 % y 23 % en Puan; 46 %, 31 % y 31 % en Cabildo para los meses mencionados. En el mes de febrero no se registraron temperaturas superiores a 40 °C. Los meses de febrero y marzo son los de mayor síntesis de aceite y temperaturas mayores a 40 °C tendrían un impacto negativo sobre el contenido de aceite. Estos valores de temperatura estival son inferiores a las zonas típicamente olivareras de Argentina, como Catamarca y La Rioja que alcanzan los 45 °C.

Si bien el olivo se ha instalado como alternativa productiva en la región aumentando la superficie año tras año, los resultados observados son de vital importancia para futuras plantaciones, principalmente para la zona de Dorrego que es donde se encuentra más del 90 % de la superficie implantada. Esta zona presentó menor rigor térmico y mejores condiciones climáticas, probablemente por su cercanía al mar, que entre otros aspectos positivos se destaca su efecto atemperador de los valores térmicos registrados en el continente (Huamantínco y Piccolo, 2011).

## Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional del Sur (PGI código: 24/A220) y al Municipio de Coronel Dorrego por el financiamiento del presente estudio; como así también a Maltería Pampa (Puan), La Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA Cabildo) y a la Agencia de Extensión Rural de INTA de Coronel Dorrego por los datos meteorológicos aportados.

## Bibliografía

- Alcalá AR, Barranco D (1992): Prediction of flowering time in olive for the Cordoba olive collection. *HortScience*, 27(11), 1205-1207.
- Almorox J, Suñer LG, Laurent G, Aguirre ME (2015): Análisis de las temperaturas en dos áreas de interés olivícola del sudoeste bonaerense, Argentina. *Rev. Climatol.*, 15:65-75.
- Ayerza R, Sibbett GS (2001): Thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) to the Arid Chaco of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 84:277-285.
- Babelis GC, Vita Serman F, Sierra EM (2013): Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum. 180 pp. Fundación ArgenINTA, San Juan, Argentina.

- Bohn VY, Piccolo MC, Perillo GME (2011): Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Rev. Climatol.*, 11:31-43.
- Campo de Ferreras AM, Capelli de Steffens AM, Diez PG (2004): *El clima en el suroeste bonaerense*. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Carbó JLE (2002): Recuperación del potencial productivo de olivos afectados por heladas: técnicas de cultivo. Informaciones técnicas. N° 111. *Surcos de Aragón*, 79:38-41.
- Civantos L, Contreras R, Grana RM (1992): *Obtención del aceite de oliva virgen*. Ed. Agrícola Española, S.A. pp. 47-56.
- CNA (Censo Nacional Agropecuario) (2018): [https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/publicaciones/cna2018\\_resultados\\_preliminares\\_agricultura.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/publicaciones/cna2018_resultados_preliminares_agricultura.pdf).
- De Melo-Abreu JP, Barranco D, Cordeiro AM, Tous J, Rogado BM, Villalobos FJ (2004): Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology*, 125:117-127.
- Denney JO, McEachern GR (1983): An analysis of several climatic temperature variables dealing with olive reproduction. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 108:578-581.
- Denney JO, McEachern GR, Griffiths JF (1985): Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea* L.) in Texas. *Agricultural and Forest Meteorology*, 35:309-327.
- Dos Santos Ramos AM (2000): Inducción floral y latencia de las yemas del olivo (*Olea europaea* L.). Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Elias R, Barbero AC (2017): Situación del oleoturismo y lineamientos para su desarrollo en la región del sudoeste bonaerense, Argentina. *Revista interamericana de ambiente y turismo*, 13:91-104.
- Elisei V, Aguirre ME (2011): Variables meteorológicas de dos sitios de interés olivícola de Coronel Dorrego. *AgroUNS*, 15:17-20.
- Fernández-Long ME, Müller GV, Beltrán-Przekurat A, Scarpati OE (2013): Long-term and recent changes in temperature-based agroclimatic indices in Argentina. *Int. Jour. Climatol.*, 33:1097-0088.
- Fiorino P, Mancuso S (2000): Olivo e basse temperature: danni da freddo, adattamento e resistenza. *L'Informatore Agrario*, 22:55-59.
- Fontanazza G, Preziosi P (1969): L'Olivo e le base temperature. Osservazioni su 37 cultivar da olio e 20 cultivar da mensa. *L'Italia Agricola*, 78:737-745.
- Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, De La Guardia C D, Trigo MM (2005): Heat requirement for the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *International Journal of Biometeorology*, 49:184-188.
- García JF, Cheverría G EY, Jaramillo G LS (2013): Diferencias climáticas entre las regiones tradicionalmente productoras de olivo (*Olea europaea* L.) en el mundo y el Alto Ricaurte en Colombia. *Cultura Científica*, 11:124-132.
- García L, Lacasta D C, Meco R (2002): Control ecológico de la mosca del olivo: Eficacia de trampas y atrayentes alimenticios. I conferencia mundial de IFOAM sobre olivar ecológico.
- Gentili JO, Zapperi PA, Gil V, Campo AM (2013): Eventos extremos en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Diseño preliminar de una base de datos. Actas del 14. Encuentro de geógrafos de América Latina "Reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos". Lima, Perú, pp. 1-11.
- Gómez del Campo M, García V CA, Barranco D (2004): Evaluación de la tolerancia a helada de diez variedades de olivo. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 73:958-963.



- Gómez del Campo M, Morales-Sillero F, Vita Serman F, Rousseaux MC, Searles PS (2010): El Olivar en los Valles áridos del Noroeste de Argentina (provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan). *Economía, Ciencia y Técnica. Olivae*, 114:23-44, ISSN: 0255-996X.
- Griggs WH, Hartmann HT, Bradley MV, Iwakiri BT, Whisler JE 1975. Olive Pollination in California. Bulletin 869, University of California, Davies, CA.
- Hartmann HT (1953): Effect of winter chilling on fruitfulness and vegetative growth in the olive. *Am. Soc. Hort. Sci.*, 62:184-190.
- Hartmann HT, Opitz KW (1980): Olive Production in California, rev. ed. Leaflet 2474, Univ. of California, Div. of Agric. Sci., Davis.
- Hernández N ML (1993): La agroclimatología: instrumento de planificación agrícola. *Geographicalia*, 30:213-228.
- Huamantínco C MA, Piccolo MC (2011): Caracterización de la brisa de mar en el balneario de Monte Hermoso, Argentina. *Estudios geográficos*, 72:461-475.
- Humanes J, Civantos M (1993): Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo. Colección: Apuntas 21/92. Ed. D. G. de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera da la Junta de Andalucía. Sevilla.
- Larcher W (1970): Kakteresistenz und uberwinterungsvermogen mediterraner Holzplanzer. *Oecologia Plantarum*, 5:267-286.
- Mancuso S (2000): Electrical resistance changes during exposure to low temperature measure chilling and freezing tolerance in olive tree (*Olea Europaea L.*) plants. *Plant, Cell and Environment*, 23:291-299.
- Morelló JR, Motilva MJ, Ramo T, Romero MP (2003): Effect of freeze injuries in olive fruit on virgin olive oil composition. *Food Chem*, 81:547-553.
- Mormeneo I (2008): Horas de frío y sumas térmicas en la predicción del inicio de la etapa reproductiva en plantas de olivo (*Olea europea L.*). Actas V Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense. Bahía Blanca, Argentina.
- Obiol L, Pirillo MC, Bostal F, Sarro L (2006): Sudoeste bonaerense: potencialidad para el desarrollo de un cluster olivícola. En: Cernadas de Bulnes, M. y Marcilese, J. (Eds.), Cuestiones políticas, socioculturales y económicas del sudoeste bonaerense, Bahía Blanca. *UNS Archivo de la Memoria*, pp. 487-495.
- Palliotti A, Bongi G (1996): Freezing injury in the olive leaf and effects of mefluidide treatment. *Journal of Horticultural Science*, 71:57-63.
- Pardiñas UF, Abba AM, Merino ML (2004): Micromamíferos (Didelphimorphia y Rodentia) del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina): taxonomía y distribución. *Mastozoología neotropical*, 11:211-232.
- Podestá GP, Messina CD, Grondona MO, Magrin GO (1999): Associations between Grain Crop Yields in Central-Eastern Argentina and El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Applied Meteorology*, 38:1488-1498.
- Rallo L (1994): Fructificación y producción en olivo. *Agricultura: revista agropecuaria*, 63:725-728.
- Redolfi I, Tinaut A, Pascual F, Campos M (2003): Patrón de actividad de *Tapinoma nigerrima* (Nylander) y *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera, Formicidae) en el cultivo de olivo y en el laboratorio. *Zool. baetica*, 13:37-55.

- Rondanini DP, Castro DN, Searles PS, Rousseaux MC (2014): Contrasting patterns of fatty acid composition and oil accumulation during fruit growth in several olive varieties and locations in a non-Mediterranean region. *Eur. J. Agron.* 52:237-246.
- Rosetti MV (2016): Desarrollo del fruto del olivo (*Olea europaea* L.) cultivado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires creciendo bajo condiciones de riego y secano (tesis de posgrado). Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- Ruiz L, Díaz de la Guardia C, Cano A, Cano E (2002): Aerobiología en Andalucía: estación de Jaén (2000-2001). *REA*, 7:77-82.
- Scian B (2010): Clima-Bahía Blanca y sudoeste bonaerense. In *Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca* (Paoloni, JD Ed.), EdiUNS, pp. 28-87.
- Tapia F, Ibacache A, Sierra C, Larraín P, Riveros F, Martínez L (2009): Seminario manejo agronómico industrial olivícola. Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). 87 pp.
- Tous Marti J, Ferguson L (1996): Mediterranean fruits. In: Janick, J. (Ed.), *Progress in New Crops*. ASHS Press, pp. 416-430.
- Vilar J, Cárdenas JR, Estévez A (2015): *El sector internacional de elaboración de aceite de oliva: un estudio descriptivo de los distintos países productores*. Ed. GEA-Centro Internacional de excelencia para Aceite de oliva. Jaén, España.
- Villalobos FJ, López-Bernal A (2017): Clima. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (eds), *El Cultivo del Olivo*, pp. 35-64. Madrid, España: Eds. Mundi-Prensa.
- Vita Serman F (2015): Papel del estrés hídrico sobre la resistencia al daño por heladas en pantas jóvenes de olivo y su relación con la aclimatación por frío. Tesis de posgrado. Instituto de Agricultura Sostenible (IAC-CSIC). Córdoba, España.
- Zapperi PA, Ramos MB, Gil V, Campo AM (2007): Caracterización de las precipitaciones estivales en la region del Suroeste bonaerense. GAEA, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Posadas.