

# Estimación de valores agroclimáticos de horas de frío en San Pedro (Provincia de Buenos Aires, Argentina) y escenario futuro

S. Maio

## RESUMEN

Cada especie vegetal tiene exigencias climáticas y límites meteorológicos propios que condicionan su dispersión en el mundo, tanto más amplia cuanto mayor es su utilidad para la humanidad. El conjunto de tales requerimientos compone su bioclima y las disponibilidades climáticas ambientales que los satisfacen constituyen su agroclima. El conocimiento fenológico detallado de una especie agrícola particular permite conocer sus exigencias bioclimáticas, estudio básico para la determinación de regiones aptas y para la racionalización de su cultivo. En este estudio se determinará la agroclimatología de las horas de frío en San Pedro del período 1965-2018, requisito importante para el cumplimiento del desarrollo de frutales criófilos y las horas de frío sobre dos horizontes temporales, clima futuro cercano (2015-2039) y clima futuro lejano (2075-2099) según la metodología de Damario *et al.* (2008) y su comparación con los valores observados de la Estación San Pedro Inta.

**Palabras clave:** requerimientos bioclimáticos; horas de frío; frutales.

S. Maio, 2020. Estimation of agroclimatic values of chilling hours in San Pedro (province of Buenos Aires, Argentina) and future scenario. RADA XI: 45-53

## SUMMARY

Each plant species has its own climatic requirements and meteorological limits that determine its dispersion in the world, the broader the greater its usefulness for humanity. The combination of such requirements makes up its bioclimate and the environmental climatic availabilities that satisfy them constitute its agroclimate. The detailed phenological knowledge of particular agricultural specie allows to know its bioclimatic requirements, a basic study for suitable regions determination and the streamlining cultivation. This study will determine the agroclimatology of chilling hours in San Pedro from the period 1965-2018, an important requirement for compliance with the development of cryophilic fruit trees, and the chilling hours over two time horizons, near future climate (2015-2039) and far future climate (2075-2099) according to the methodology of Damario *et al.* (2008) and its comparison with the observed values of San Pedro Inta Station.

**Key words:** bioclimatic requirements; chilling hours; fruit trees.

Maio, S.: Facultad de Agronomía, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas (FAUBA), Universidad de Buenos Aires (UBA). Av. San Martín 4453 - C1417DSE CABA, Argentina. Correspondencia a: smaio@agro.uba.ar

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las características bioclimáticas, en este trabajo se mostrará sólo la caracterización agroclimática de las exigencias en frío en San Pedro durante el reposo invernal que requieren algunas especies, es decir las horas de frío durante los meses de mayo a agosto, en el período 1965-2018, su evolución y su proyección climática futura sobre dos horizontes temporales, clima futuro cercano (2015-2039) y lejano (2075-2099).

Entre los vegetales que el hombre siempre tiende a cultivar, hay que diferenciar dos tipos, uno perennes y el otro de siembra anual.

Entre los primeros, los más comunes son los frutales. Para que un frutal tenga excelente producción de frutos, debe existir una muy buena relación entre las exigencias biometeorológicas de la planta en sus distintos subperíodos y la marcha de los fenómenos atmosféricos en el curso del año. En efecto, durante el invierno los fríos no deben ser extremadamente rigurosos, como para que no dañen la planta en reposo, pero también, se requiere un determinado nivel de frío para las especies exigentes en este factor. Las regiones de origen y sus principales áreas de cultivo comercial de un grupo de frutales se caracterizan por disponer de un período invernal frío y una gran amplitud térmica anual. A estos frutales por preferir las regiones de inviernos fríos se los conoce con el nombre de criófilos. La lista de estos frutales caducifolios comprende, entre las especies más cultivadas a manzanos (*Malus domestica*), perales (*Pyrus communis*) y durazneros (*Prunus pérsica*). Pueden agregarse a la lista de criófilos, el membrillero (*Cydonia vulgaris*), ciruelo (*Prunus domestica*), cerezo (*Prunus avium*), guindo (*Prunus cerasus*), damasco (*Prunus armeniaca* L), almendro (*P. amygdalus*), avellano (*Corylus avellana*), castaño (*Castanea sativa*), pistachero (*Pistacia vera*) y vid (*Vitis vinifera*).

Los antecedentes en el tema son muy amplios a nivel internacional desde Geslin (1944) y Azzi (1939) (ambos, citados por Pascale y Damario,

2004). Con los antecedentes de estos dos autores se iniciaron los estudios bioclimáticos agrícolas en la Argentina, en la década del cuarenta con la propuesta de Hirschhorn se crea el Servicio Agrometeorológico del Ministerio de Agricultura para realizar ensayos "a campo" y determinar zonas aptas y marginales sobre la base del comportamiento bioclimático de los cultivos. Existen diversos autores en nuestro país que realizaron estudios del tema como los Ing. Pascale y Damario (1958 y 2004); Pascale y Ruggero (1963); Pascale *et al.* (1997 a, 2001 y 2003), Ledesma (1950 y 1951); Burgos y Ledesma (1942); Burgos (1947); Ruggiero (1955), entre otros.

Los árboles salen de reposo o letargo en primavera cuando han logrado satisfacer sus requerimientos en frío. Se denomina "requerimiento de frío" al período de bajas temperaturas durante el cual los órganos en descanso deben estar expuestos para eliminar los inhibidores internos del crecimiento (Samish y Lavee, 1962, citado por Garza Gutierrez, 1970). El nivel térmico considerado favorable para el cumplimiento de dicho requerimiento es menos de 7,1°C. (Chandler, 1937; Boynton, 1959, Hatch y Walter, 1969, citados por Garza Gutierrez, 1970). Para evitar un retraso en el inicio de la floración se describe como ambiente favorable al promedio de la temperatura media inferior de 7°C y que diariamente no supere los 18°C, con valores de precipitación inferior a 200 mm durante los meses más fríos del año. El requerimiento en frío se cuantifica por medio de las "horas de frío" (Tabla 1) y "unidades de frío" (UF) o "unidades de enfriamiento" (UE).

La cuantificación precisa de la disponibilidad de "horas de frío" para la ruptura de la dormición es muy difícil de llevar a cabo a campo, donde la radiación solar, las fluctuaciones diarias de la temperatura, y otros factores ambientales son incontrolables (Dennis Jr., 2003, citado por Sozzi *et al.*, 2007).

La disponibilidad en frío se mide a través del número de horas con temperaturas iguales o inferiores a un umbral determinado y se denomina

**Tabla 1.** Requerimiento frío, expresado en "horas de frío", para la ruptura de la dormición de algunas especies frutales caducifolias.

ESPECIE	REQUERIMIENTO DE FRÍO (HF)	OBSERVACIONES
Almendro	200-500	
Cerezo	500-1300	
Ciruelo europeo	700-1600	
Ciruelo japonés	500-1000	Existen variedades con requerimientos de 200 HF
Damasco	250-900	
Duraznero	100-1100	Las variedades más difundidas requieren 600-800 HF
Manzano	200-2000	La media es de 1200 HF
Membrillero	50-500	
Peral	620-1800	
Vid	500-1400	Existen variedades con requerimientos de hasta 100 HF

Fuente: Gariglioet al., en Sozzi, 2007

"hora de frío" o "unidad de dormición". Para su cómputo, se considera el nivel de 7°C, basado en las experiencias de Nightingale y Blake (1934). Para medir o cuantificar las horas de frío invernal (HF) en un área (índice agroclimático), se computa la cantidad de horas por debajo de 7°C, utilizando la faja del termógrafo o las temperaturas horarias. Por lo tanto, se utilizan métodos de estimación a través de simplificaciones basadas en relaciones de índices agrometeorológicos con otras expresiones del régimen térmico, e información climática. Uno de los métodos es el de estimación de HF acumuladas mensuales, en el cual Damario (1969) propuso una metodología gráfica, utilizando un parámetro de fácil cuantificación como es la temperatura mínima media normal de los cinco meses más fríos del año con adecuaciones posteriores Damario, *et al.*, (1995 y 1998). Otra metodología es utilizando datos de temperaturas mínimas y máximas diarias, (Alonso, *et al.*, 2001, basado en la fórmula de Parton y Logan (1981)).

En los estudios agroclimáticos sobre disponibilidad de enfriamiento invernal es importante conocer la cantidad total de "horas de frío" acumulada normalmente durante el año o durante el período de descanso vegetal. Resulta difícil establecer la fecha de comienzo y la duración del descanso, pero su ocurrencia efectiva corresponde al período de los cinco meses más fríos, es decir, los de menores temperaturas mínimas medias, de mayo a setiembre.

La aplicación de un análisis de regresión múltiple entre las HF, obtenidas mediante el sistema gráfico (Damario, 1969) y acumuladas durante los 5 meses más fríos con distintas expresiones de la temperatura mínima de localidades argentinas, permitió derivar una fórmula que hace innecesario el cálculo mensual. Se probó una serie de modelos lineales y exponenciales de distinto grado con el promedio de las mínimas medias de los 5 meses más fríos (T5) y la temperatura mínima media

anual (T12). Las regresiones múltiples obtenidas se fueron ajustando, validando los resultados por análisis de varianza hasta encontrar el error mínimo.

Se obtuvieron dos modelos, una para localidades de hasta 1000 HF y otra de hasta 2000 HF, luego del análisis de regresión múltiple (Damario *et al.*, 1998).

Se consideraron las "horas de frío efectivas" teniendo en cuenta una escala de reducción de las horas de frío totales (Tabla 2) según la cantidad de meses con temperaturas medias iguales o inferiores a 14°C ó máximas medias inferiores a 21°C, dentro de los 5 meses más fríos (Damario *et al.*, 1998).

**Tabla 2** Porcentaje de reducción de las horas de frío estimadas por las fórmulas HF (1000) ó HF (2000) para transformarlas en "horas de frío efectivas" según la cantidad de meses con temperaturas favorables.

Meses con temperatura media inferior a 14°C o máxima media inferior a 21°C	Reducción porcentual media de las HF (1000) ó HF (2000) (%)
0 mes	100
1 mes	70
2 meses	45
3 meses	25
4 meses	10
5 meses	0

Posteriormente Damario *et al.* (2008) compararon las HF computadas diariamente con la fórmula de Parton y Logan (1981) considerándolas como "observadas" para distinguirlas de las "estimadas" según el procedimiento seguido. Se realizó un análisis exhaustivo mediante correlaciones y regresiones simples y múltiples entre las HF observadas y los valores térmicos, se reduce el análisis a tres parámetros que mostraron

el mayor grado de ajuste: la temperatura mínima media anual (T12) el promedio de las temperaturas mínimas medias de cuatro meses (T4) (mayo a agosto) y la temperatura media del mes de julio (Tj). Como resultado final del análisis realizado, se desarrollaron otras dos fórmulas, una para localidades de hasta 1000 horas de frío y otra para localidades superiores a 1000 HF, con las cuales se estima la cantidad de HF acumuladas durante el descanso.

En este método no se considera las HF del mes de setiembre por considerar que el aumento de las temperaturas mínimas en ese mes promueve el inicio del crecimiento vegetal. Asimismo, la eliminación del mes de setiembre para el cálculo de HF (Damario *et al.*, 2008) en el enfriamiento invernal surge de que el período de heladas se redujo, dado el incremento de la temperatura global (Bejarán y Barros, 1998; Pascale *et al.* b., 1997; Hoffman *et al.*, 1997; Camilloni y Barros, 1995). A su vez el aumento de la temperatura media del mes de setiembre, adelanta las floraciones de aquellos frutales que fueron seleccionados por su menor exigencia en frío. Esto queda en evidencia al no ser incorporadas las HF del mes de setiembre por la E.E. de San Pedro ya que antes si las consideraba en sus registros (Maio, 2012).

Con respecto a los frutales en San Pedro y su área de influencia, la superficie total cultivada es aproximadamente de unas 4500 has, de las cuales 2400 has están destinadas a los frutales de carozo. Las edades de las plantaciones varían entre menos de 5 años hasta 10 años. En la actualidad la tendencia observada es una renovación de las mismas, especialmente en durazneros, con nuevos cultivares en función de las demandas del mercado. Considerando la aptitud agroclimática de la zona existe un desarrollo tecnológico, en mejoramiento genético, riego complementario, métodos activos y pasivos en el control de heladas tardías, etc., que asegura una producción de excelente calidad y rentabilidad, compitiendo con otras zonas de producción del país (INTA, 2013).

El objetivo de este trabajo es comparar los resultados obtenidos según la fórmula para 1000 horas de frío de Damario *et al.* 2008, ya que la localidad de San Pedro posee horas de fríos inferiores a 1000, con los valores tomados en la Estación Experimental San Pedro INTA con el termohigrógrafo. Además, analizar la variabilidad anual de las HF para cada uno de los meses durante el descanso vegetativo, mayo, junio, julio y agosto y el total, considerando los datos del INTA y determinar climáticamente las horas de frío sobre dos horizontes temporales: clima futuro cercano y clima futuro lejano, de los períodos

2015-2039 y 2075-2099, respectivamente, según la metodología de Damario *et al.*, 2008, utilizando datos simulados de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideró la localidad de San Pedro cuya latitud es 33°41' Sud y longitud 59°41' Oeste y 28m s.n.m., se encuentra a 160 km al noroeste de la Ciudad de Buenos Aires, sobre la margen derecha del Río Paraná Guazú, en la provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). El suelo de la zona de San Pedro es una fracción de La Pampa Ondulada. Posee un relieve predominantemente ondulado y en partes recortado por cañadas, arroyos y ríos en sentido NE-SO. No ofrece mayores problemas de drenaje y los suelos de sedimento fino están representados por sedimentos eólicos uniformes y cohesivos, en general, de color castaño claro, rico en minerales que proveen abundantes elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas (INTA, 1999).

La información climática consistió en variables de temperatura, mínima y máxima mensual del período 1965-2018. La misma fue informada por el INTA, 2019. Los valores medios de estas



**Figura 1.** Ubicación de la localidad de San Pedro (latitud 33°41' Sud y longitud 59°41' Oeste) en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

variables se indican en la Tabla 3. La información de datos simulados de temperatura mínima y máxima mensual para determinar las horas de frío futuras para los períodos 2015-2039 y 2075-2099 corresponden a la Base de Datos Climáticos de la 3era Comunicación Nacional de la República Argentina la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y suministrados por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014.

Se utilizó la Ecuación de Damario *et al.*, 2008 para localidades de hasta 1000 horas de frío con las cuales se estima climáticamente la cantidad de HF acumuladas durante el período de descanso.

$$HF1000: 2.668,82-36,384 (T12)-58,556 (T4) -196,334 (Tj)+2,461 (T4)^2 + 6,227 (Tj)^2$$

Donde:

HF: Horas de frío

T4 (promedio de las temperaturas mínimas medias de mayo a agosto).

T12 (temperatura mínima media anual).

Tj (temperatura media del mes de julio).

Para el cálculo de las horas efectivas se aplicó la escala de reducción de las HF estimadas (Tabla 2) por las fórmulas para transformarlas en "horas de frío efectivas" según la cantidad de meses con temperaturas favorables (Pascale y Damario, 2004).

Además, se analizó la evolución temporal de las HF observadas por la EE San Pedro de cada uno de los meses del período de descanso, mayo, junio, julio y agosto y también en su totalidad para el período 1965-2018. Para la evaluación de tendencia se ha utilizado el test no paramétrico de Mann-Kendall. Por último, se calculó las HF sobre dos horizontes temporales, clima futuro cercano (2015-2039), y clima futuro lejano (2075-2099) con datos climáticos simulados obtenidos por modelos climáticos globales (MCGs) a partir de forzantes externos del clima para un escenario de concentración futura de gases de efecto invernadero (GEI) RCP 8.5 Los mismos surgen de la 3ra. Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. Las variables simuladas usadas fueron

la temperatura máxima, mínima y media mensual. Luego de procesar la información, se utilizó la ecuación de Damario *et al.* 2008 para determinar las HF climáticas futuras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se han incluido las HF registradas para el período 1965-2018 en la EE San Pedro. Las estimaciones climáticas de HF según la ecuación empleada (Damario *et al.*, 2008) con valores de mayo a agosto, respectivamente, se muestran en la Tabla 5.

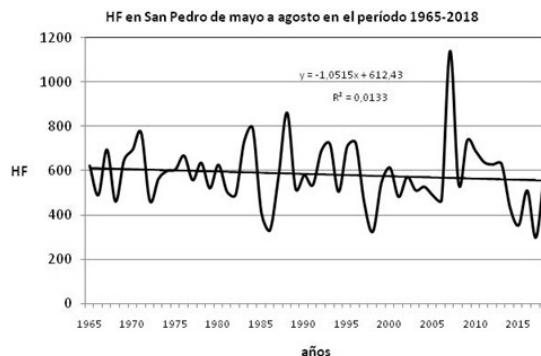
Los valores resultantes de HF para el período 1965-2018 (Tabla 5) pone en evidencia la mínima diferencia de la ecuación que estima las horas de frío en relación a las HF observadas por la EE San Pedro ya que es bastante aproximado con el valor normal de 584 horas. La ecuación sobreestima con una pequeña diferencia de 32 horas. Con respecto a las HF estimadas para el futuro cercano (2015-2039) y lejano (2075-2099) se observa en ambos casos valores muy por debajo de los valores observados medios, 428 y 268 HF, respectivamente. Baldochi y Wong (2008) encontraron que la acumulación anual de horas de frío en invierno está disminuyendo en las regiones de cultivo de frutas de California. En el contexto de aumento de temperatura por el cambio climático, resaltaron una notable disminución de la acumulación de horas de frío. Las tendencias observadas en el frío invernal oscilan entre -50 y -260 horas de frío por década, señalaron además, las tasas previstas de reducción de horas de frío en el período entre 1950 y 2100 están en el orden de -40 horas por década con proyecciones climáticas regionales de temperatura.

Las HF efectivas informadas (Tabla 5) son las acumuladas en los meses considerados que tienen valores inferiores a 14°C de temperatura media y de 21°C de máxima media (Damario *et al.*, 1998). En el período 1965 a 2018, no hubo reducción. En cambio, en las HF estimadas futuras, la reducción fue del 10% para el período 2015- 2039 y del 25% para el clima futuro lejano (2075- 2099) ya que las temperaturas superaron dichos valores.

**Tabla 3.** Valores climáticos y agroclimáticos de la E. E. San Pedro del período 1965-2018. (INTA, 2019)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	año
T.	24	22,8	20,7	17,2	13,8	10,8	10,3	11,8	14	17,1	20,1	22,8	17,1
T. Mín.(°C)	17,6	16,9	15	11,7	8,7	5,9	5,4	6,2	8,1	11,2	13,8	16,4	11,4
T.Máx.(°C)	30,3	28,8	26,7	23	19,3	15,9	15,5	17,7	20	22,9	26	28,9	22,9
HF obs.					72	169	199	143					584

En la Figura 2 se observa la variación anual de las HF totales del período 1965-2018 durante los meses de la etapa de descanso, pudiéndose observar que casi no existe variación hasta fines de los 80 y a partir de la década siguiente una leve tendencia en disminución no significativa (Tabla 6) siendo el año 2017 con el menor valor de 299 HF. Coincidiendo estos resultados con los hallados por El Yaacoubi *et al.*, (2014) sobre el calentamiento marcado desde fines de los 80 en Francia y comienzo de los 90 en Italia y Marruecos, resultando una floración precoz por la disminución de las horas de frío. Otros estudios muestran aumentos de la temperatura en todo el mundo (Bradley and Bertrand, 2008; Rebelez and Reinhard, 2008; Cordero *et al.*, 2011; Marengo and Camargo, 2008).



**Figura 2.** Horas de frío de los meses de mayo a agosto durante el período 1965-2018.

**Tabla 4.** Horas de Frío observadas en la E. E. San Pedro durante el período 1965-2018

Año	mayo	junio	julio	agosto	total anual mayo-agosto	Año	mayo	junio	julio	agosto	total anual mayo-agosto
1965	133	27	296	167	623	1993	118	159	273	171	721
1966	33	94	131	233	491	1994	38	110	228	130	506
1967	2	335	230	129	696	1995	79	198	230	202	709
1968	192	103	72	95	462	1996	78	282	280	86	726
1969	30	173	182	263	648	1997	68	114	159	115	456
1970	68	207	223	197	695	1998	26	130	56	114	326
1971	167	333	136	135	771	1999	58	147	213	129	547
1972	22	67	218	158	465	2000	18	119	328	149	614
1973	67	121	193	182	563	2001	71	156	215	41	483
1974	14	217	144	224	599	2002	28	255	149	141	573
1975	35	103	293	176	607	2003	38	72	226	176	512
1976	56	245	243	124	668	2004	119	111	203	95	528
1977	105	175	139	139	558	2005	81	79	197	132	489
1978	135	203	91	207	636	2006	101	85	98	183	467
1979	93	234	136	59	522	2007	198	274	364	304	1140
1980	54	171	265	137	627	2008	129	201	47	163	540
1981	10	188	204	104	506	2009	77	240	287	133	737
1982	47	158	161	126	492	2010	78	95	270	245	688
1983	47	272	278	135	732	2011	54	156	234	194	638
1984	102	256	237	196	791	2012	24	189	348	68	629
1985	43	107	136	127	413	2013	67	178	183	203	631
1986	62	54	101	115	332	2014	41	165	136	91	433
1987	160	168	94	151	573	2015	28	156	149	22	355
1988	188	262	248	164	862	2016	58	219	166	68	511
1989	96	132	227	64	519	2017	12	151	85	51	299
1990	68	220	232	61	581	2018	26	222	170	175	593
1991	34	145	224	133	536	PROMEDIO	72	169	199	143	584
1992	101	97	334	159	691	DESVIO	49	70	76	57	143

**Tabla 5.** Horas de frío observadas en San Pedro durante el período 1965-2018 y horas de frío estimadas y efectivas para los períodos 1965-2018, 2015-2039 y 2075-2099.

HF estimadas 1965-2018	HF efectivas 1965-2018	HF observadas 1965-2018	HF estimadas 2015-2039	HF efectivas 2015-2039	HF estimadas 2075-2099	HF efectivas 2075-2099
616	616	584	428	385	268	201



Las Figuras 3 (a, b, c y d) muestran la variación anual de las HF mensuales: mayo, junio, julio y agosto registradas durante la serie de años considerados en la E.E. San Pedro. Observando la evolución anual de las mismas, mayo y agosto tienen tendencias negativas, en cambio junio no tiene tendencia y julio levemente positiva. Estas

tendencias no son estadísticamente significativas según el test de Mann Kendall (Salmi et al., 2002) (Tabla 6). Sin embargo, Baldochi y Wong (2008) encontraron tendencias negativas significativas en la acumulación de frío invernal en California, y proyectan que continúen en el futuro cercano y lejano.

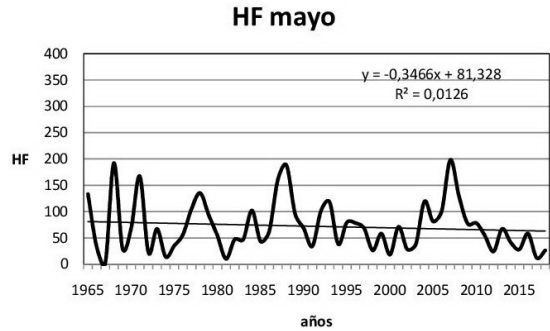


Figura 3a. Variación anual de las HF del mes de mayo durante el período 1965-2018.

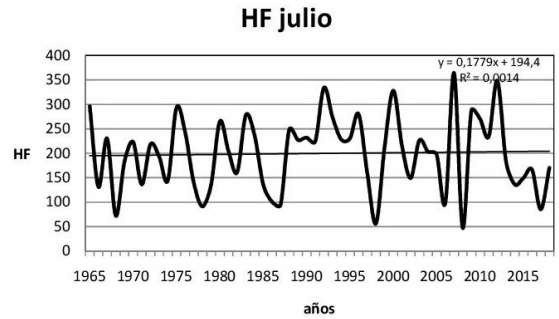


Figura 3c. Variación anual de las HF del mes de julio durante el período 1965-2018.

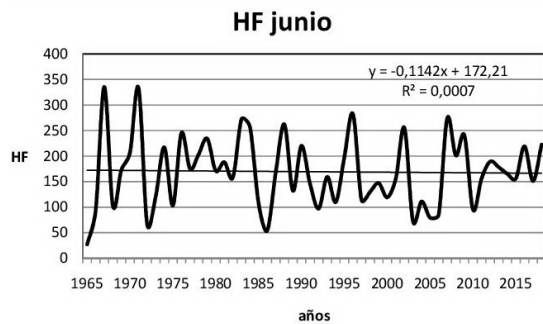


Figura 3b. Variación anual de las HF del mes de junio durante el período 1965-2018.

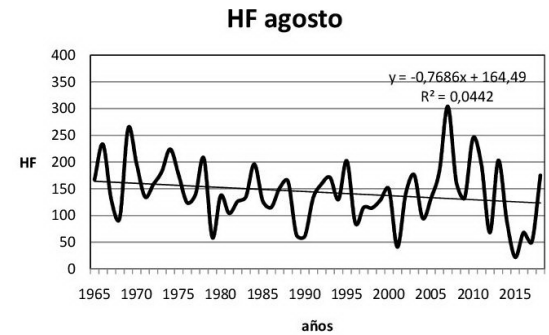


Figura 3d. Variación anual de las HF del mes de agosto durante el período 1965-2018.

Tabla 6. Tendencia de la serie de Horas de Frío (HF) total y mensual según el Test de Mann-Kendall

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	Q
HF	1965	2018	54	-1,18		-1,489
mayo	1965	2018	54	-0,64		-0,250
junio	1965	2018	54	0,00		0,000
julio	1965	2018	54	0,06		0,023
agosto	1965	2018	54	-1,47		-0,818

**CONCLUSIONES**

Las conclusiones que se obtuvieron a través del desarrollo de este trabajo fueron: la intensidad del frío durante el período de descanso de los frutales criófilos en función de las HF indicó que San Pedro computó un promedio de 584 HF para el período 1965-2018. La ecuación utilizada para estimar las

horas de frío para verificar el valor observado, se aplica muy bien ya que se puede observar una mínima diferencia.

El año 2007 fue el más frío de la serie con un valor de 1140 HF duplicando el valor promedio, mientras que el año 2017 fue el de menor valor con 299 HF. La evolución temporal de las horas de frío en el período 1965-2018 no registra tendencia hasta fines de los 80 mientras que posteriormente predomina una leve tendencia negativa no significativa.

Con respecto a la estimación de horas de frío para el clima futuro cercano (2015-2039) y el clima futuro lejano (2075-2099) de 385 y 201 horas de frío efectivas, respectivamente, éstos valores son muy inferiores al valor normal lo que estaría indicando un aumento de la temperatura mínima confirmativo del calentamiento invernal. Este incremento sería perjudicial al desarrollo de los frutales criófilos

actuales de San Pedro por el no cumplimiento del requerimiento bioclimático, requisito fundamental para romper el descanso vegetativo y dar inicio a la floración. Comportamiento por el cual se debería considerar en un futuro la utilización de cultivares con menor exigencia de frío o desarrollar nuevos que requieran menos frío invernal.

## AGRADECIMIENTOS

“Se agradece al CIMA/CONICET-UBA por la provisión de los datos climáticos de la 3ra. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.”

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M.R.; R.O. Rodríguez y S.G. Gomez, 2001. Estimación de la disponibilidad de horas de frío utilizando temperaturas máxima y mínima diarias. *Rev. Facultad de Agronomía*, 21(3): 261-264.
- Baldocchi D. & S. Wong, 2008. Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. *Climatic Change*, 87: 153-166.
- Bejaran A. y V. BARROS, 1998. Sobre el aumento de la temperatura en los meses de otoño en Argentina Subtropical. *Meteorológica*. Vol 23 (1 y 2): 15-26.
- Bradley, M. & T. Bertrand, 2008. A Review of Recent Climate Variability and Climate Change in Southeastern Australia. *International Journal of Climatology*. 28. 859 - 879. 10.1002/joc.1627.
- Burgos, J.J., y N.R. Ledesma, 1942. Anomalías fenológicas en los árboles frutales durante el año 1939. *Rev. Arg. Agr.*, 9:295-309. Buenos Aires.
- Burgos, J.J., 1947. A cryokindynoscopic index useful in agroclimática researches, Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires CIR/IMOT/T/305. C.A.M., Doc. N° 30. Toronto, Mimeg.
- Camiloni I. y V. Barros, 1995. Influencia de la isla urbana de calor en la estimación de las tendencias seculares de la temperatura en Argentina subtropical. *Geofísica Internacional*, 34 (2): 161-170.
- Cordero, E.; W. Kessomkiat, J. Abatzoglou & S. Mauget, 2009. The identification of distinct patterns in California temperature trends. *Clim. Change*. 108. 357-382. 10.1007/s10584-011-0023-y.
- Damario, E.A., 1969. Carta estimada de horas de frío de la República Argentina. *Rev. Fac. de Agr. y Vet.* La Plata. 17(2): 25-38.
- Damario, E.A. y A.J. Pascale, 1995. Nueva carta agroclimática de horas de frío en la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía*. 15 (2-3):219-225.
- Damario, E.A.; A.J. Pascale y C.A. Bustos, 1998. Método simplificado para la estimación agroclimática de “horas de frío” anuales. *Rev. Facultad de Agronomía*, 18 (1-2): 93-98.
- Damario, E.A.; A.J. Pascale y R.O. Rodríguez, 2008. Nueva fórmula para la estimación agroclimática de las horas de frío. *Rev. Facultad de Agronomía*, 28 (2-3): 139-144.
- El Yaacoubi, A.; G. Malagi, A. Oukabli, M. Hafidi, & J. Legave, 2014. Global warming impact on floral phenology of fruit tree species in Mediterranean region. *Scientia Horticulturae*. 180. 10.1016/j.scienta.2014.10.041.
- Gariglio, N.F.; R. A. Pilatti y M. Agusti Fonfría, 2007. Requerimientos ecofisiológicos de los árboles frutales. En *Árboles Frutales: ecología, cultivo y aprovechamiento*. Editor Gabriel O. Sozzi p. 85-103. Editorial Facultad de Agronomía, 1ª Edición 849 pp.
- Garza Gutierrez, R., 1970. Descripción e importancia del descanso y letargo en árboles frutales caducifolios. *Fitotécnica Latinoamericana*. 7(1):35-55.
- INTA, 1999. Instituto de Economía y Sociología. Informe del Partido de San Pedro, 25 pp.
- INTA, 2013. Relevamiento de la actividad frutihortícola en el noreste de la Provincia de Buenos Aires. Antonio Ángel; Fernando López Serrano; Yanina Paggi. EEA San Pedro.
- INTA, 2019. Valores promedios de la serie histórica 1965-2018. Tec. Agr. Raúl H. Uviedo. Agrometeorología. Ing. Agr. Mg. Carlos Zanek. Agrometeorología. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación.
- Ledesma, N.R., 1950. Frío invernal insuficiente en los árboles de follaje caduco. *Revista Facultad de Agronomía de La Plata*. 27: 5-20.
- Ledesma, N.R., 1951. La floración del duraznero y su relación con las temperaturas de invierno y primavera. *Meteoros*, 1(1):73-90.
- Maio, S., 2012. La influencia de la temperatura invierno-primaveral en el crecimiento y desarrollo de los frutales criófilos. Tesis de maestría, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Argentina.
- Marengo, J. & C. Camargo, 2008. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960–2002. *International Journal of Climatology*. 28. 893 - 904. 10.1002/joc.1584.
- Nightingale, G.T. and M.A. Blake, 1934. Effects of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple tree. *N.J. Agr. Exp. Sta. Bull* 566.
- Parton, H.J. y J.A. Logan, 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperatures. *Agric. Met.* 23: 205-216.
- Pascale, A.J. y E. A. Damario, 1958. Fecha de floración en frutales y probabilidad de daño por heladas. Congreso Frutícola Argentino. *Actas*: 103-118. Cipolletti, Río Negro.



- Pascale, A.J. y R. A. Ruggiero, 1963. Exigencia en bajas temperaturas durante el período de descanso de los ciruelos cultivados en Buenos Aires. *IDIA*, 184:35-45.
- Pascale, A.J.; E. A. Damario y C.A. Bustos, 1997. Índice de peligrosidad de heladas primaverales en frutales según fecha de floración. *Rev. Facultad de Agronomía*, 17(1): 25-30.
- Pascale, A.J.; E. A. Damario y C.A. Bustos, 1997. b) Aumento de las temperaturas mínimas invierno-primaverales en el Alto Valle del Río Negro en los últimos 90 años. *Rev. Facultad de Agronomía*, 17(1):127-131.
- Pascale, A.J.; E. A. Damario y S. Maio, 2001. Reducido riesgo de daño por heladas primaverales en dos zonas frutícolas del sur de Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorología*, 9(2): 325-332.
- Pascale, A.J.; E. A. Damario y J. Gastiazoro Bletter, 2003. Aptitud Agroclimática Actual de Cinco Saltos (Río Negro, Argentina) para el cultivo del manzano. XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorología, Santa Maria RS, Brasil. *Anais* (1): 567-568.
- Pascale, A.J. y E. A. Damario, 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. *Ed. Facultad de Agronomía*, UBA. 550 pp.
- Rebetez, M. & M. Reinhard, 2008. Monthly air temperature trends in Switzerland 1901–2000 and 1975–2004. *Theoretical and Applied Climatology*. 91. 27-34. 10.1007/s00704-007-0296-2.
- Ruggiero, R.A., 1955. La floración del manzano y su relación con las temperaturas invernales en el Alto Valle del Río Negro. *Meteoro*, año 5 n° 3, Buenos Aires.
- Salmi, T.; A. Määttä, P. Anttila, T. Ruoho-Airola & T. Amnell, 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. Publications on Air Quality. No 31.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. "Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones" (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera). Buenos Aires, Argentina.
- Sozzi, G.O.; N.F. Gariglio y M.I. Figueroa De Orell, 2007. Dormición en árboles frutales de hojas caducas. En *Árboles Frutales: ecología, cultivo y aprovechamiento*. Editor Gabriel O. Sozzi p. 85-103. Editorial Facultad de Agronomía, 1ª Edición 849 pp.