

**COMPORTAMIENTO DE LAS HELADAS EN
SANTA ROSA, LA PAMPA, ARGENTINA
PERIODO 1977-2013**

PEREZ, Lucas

**DIRECTOR: Ing. Agr. (MSc) Graciela VERGARA
CODIRECTOR: Ing. Agr. Francisco BABINEC**

**EVALUADORES: Ing. Agr. Guillermo CASAGRANDE
Ing. Agr. Miguel Angel FERNANDEZ**

**AGROMETEOROLOGÍA
INGENIERÍA AGRONÓMICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
2014**

ÍNDICE

Resumen.....	3
Palabras clave.....	4
Introducción.....	4
Objetivo.....	10
Materiales y métodos.....	10
Resultados y discusión.....	12
Conclusiones.....	18
Bibliografía.....	18

RESUMEN

La detección de cambios en las condiciones climáticas es una cuestión clave en la investigación meteorológica. El estudio del comportamiento de los elementos que caracterizan el clima de una región, es fundamental para aportar herramientas útiles a la planificación de la producción agropecuaria. El resultado de las actividades agropecuarias está condicionado por distintos riesgos, entre los cuales las adversidades climáticas son de especial relevancia por su impacto y gran variabilidad. Dentro del llamado riesgo agropecuario el granizo, las heladas y las sequías son los más significativos, originando grandes pérdidas económicas por la modalidad de ocurrencia de estos eventos y su potencial impacto en los cultivos. Las heladas provocan grandes daños en la producción agropecuaria, dependiendo del momento de ocurrencia, de su intensidad, de su duración y del estado fenológico de los vegetales. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento temporal del régimen agroclimático de heladas meteorológicas en el área de Santa Rosa, La Pampa, Argentina a fin de determinar si se han producido cambios en el mismo y proporcionar mayores herramientas para la planificación agropecuaria. Se utilizaron datos de temperaturas mínimas diarias (en abrigo meteorológico a 1.5 m de altura) de la serie 1977/2013 de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía UNLPam (Santa Rosa, La Pampa). Se consideró helada a todo descenso térmico igual o inferior a cero grado en abrigo meteorológico. Se calcularon las fechas medias de primera y última helada, período medio con heladas, período medio libre de heladas y número medio de días con heladas y sus respectivos desvíos. Se analizó valores de temperatura mínima absoluta anual y sus desvíos. Se analizó la frecuencia e intensidad estacional de las heladas tempranas y tardías. Se calculó el Índice Crikindinoscópico (ICK) diseñado en Argentina para la evaluación climática del riesgo de heladas a nivel regional. La serie analizada revela que los valores medios no se han modificado a lo largo de los años y solo se registra la variabilidad temporal propia del comportamiento dinámico de la atmósfera

en zonas de climas templados. Ha disminuido la frecuencia de heladas tempranas y tardías; las primeras hace más años que no se registran respecto de las segundas, y las que han ocurrido en los últimos años son más cercanas a las fechas medias. Esta variación temporal, si perdura en el tiempo, modificaría de manera positiva el riesgo de esta adversidad, causante de cuantiosas pérdidas en la producción agrícola. En los últimos diez años se registró una sola helada temprana pero más intensa que las de los 27 años anteriores y la temperatura mínima absoluta media y extrema de las heladas tardías fue menor en este período. En los últimos diez años la temperatura mínima absoluta extrema fue menor.

PALABRAS CLAVES

Régimen de heladas, Santa Rosa, tardías, tempranas, tendencia.

INTRODUCCIÓN

El clima, que brinda los elementos que posibilitan la vida, particularmente el agua y la temperatura, es una herramienta fundamental que nos permite planificar las distintas actividades del hombre en relación con el ambiente. Aprovecharlo, desarrollando con inteligencia las acciones adecuadas al ritmo e intensidad propios de cada región, contribuye al pleno desarrollo de la economía (Ledesma, 1979). La detección de cambios en las condiciones climáticas es una cuestión clave en la investigación meteorológica. El estudio del comportamiento de los elementos que caracterizan el clima de una región, es fundamental para aportar herramientas útiles a la planificación de la producción agropecuaria.

El resultado de las actividades agropecuarias está condicionado por distintos riesgos, entre los cuales las adversidades climáticas son de especial relevancia por su impacto y gran variabilidad. Dentro del llamado riesgo agropecuario el granizo, las heladas y las sequías son los más significativos, originando grandes pérdidas económicas por la modalidad de

ocurrencia de estos eventos y su potencial impacto en los cultivos (Murphy y Hurtado, 2011). Las heladas provocan grandes daños en la producción agropecuaria, dependiendo del momento de ocurrencia, de su intensidad, de su duración y del estado fenológico de los vegetales. Constituyen una adversidad capaz de afectar la supervivencia, el rendimiento o la calidad de los cultivos, llegando a producir pérdidas significativas en los sistemas productivos de una región.

Las normas meteorológicas, consideran que se produce helada, cuando la temperatura mínima es igual o inferior a 0°C en abrigo meteorológico a 1,50 m de altura, independientemente de su duración e intensidad. Desde el punto de vista agrometeorológico se considera helada a los descensos térmicos capaces de causar daños a los tejidos vegetales (Burgos, 1963). Al estudiar el régimen de heladas en relación con la producción agropecuaria es importante analizar también los valores de la temperatura mínima del aire cercanos a la superficie del suelo, llamadas heladas de césped, refiriéndose a registros obtenidos de termómetros ubicados a 0.05 m. Grebet y Juárez (1977) consideran que al estudiar las heladas no solo hay que analizar registros de temperaturas a 1,5 m de altura tomadas en abrigo meteorológico, sino que se deben considerar también las temperaturas sufridas realmente por un órgano vegetal, a la altura que éste se encuentre. Dado que la temperatura varía con la altura, en noches de heladas, el valor térmico al que esté sometido un cultivo puede ser varios grados inferior al de la temperatura a 1.5 m en abrigo meteorológico.

Las heladas según su tipo genético se clasifican en advectivas, radiativas y mixtas. Las heladas radiativas ocurren por un enfriamiento de carácter local del aire, consecuencia de una pérdida de calor del suelo por irradiación nocturna. Las heladas advectivas se producen por un ingreso de una masa de aire frío que produce descensos térmicos por debajo de 0°C . Las

heladas mixtas se forman por la combinación de los fenómenos de formación de advección y radiación simultáneamente.

Según el contenido de vapor de agua en el aire y el momento de condensación del mismo las heladas pueden ser blancas o negras. El punto de rocío se define como la temperatura por debajo de la cual el vapor de agua contenido en el aire condensa en forma visible de rocío, niebla o escarcha. (Castillo y Castellvi Sentis, 1996). Se produce una helada blanca cuando se alcanza la temperatura del punto de rocío por encima de 0°C. Si posteriormente la temperatura desciende por debajo de ese valor ese rocío se convertirá en hielo, llamado comúnmente escarcha. Si por el contrario se produce un descenso de la temperatura por debajo de 0°C sin que se haya alcanzado el punto de rocío, la helada se denomina negra porque no se condensa el vapor atmosférico y por lo tanto no se forma escarcha. Esta última produce mayores daños a los vegetales por cuanto lo que se congela es el agua celular produciendo muerte total o parcial de tejidos. También puede ocasionar heridas debido a la rotura de células y de tejidos derivados de la formación de hielo. Estas heridas pueden ser macroscópicas o microscópicas, constituyendo una puerta de entrada para microorganismos. Los órganos afectados por el hielo pierden localmente, o al menos temporalmente, su facultad de reacción frente a la penetración de un organismo patógeno (Lanier et al, 1978).

De acuerdo a la época de ocurrencia, las heladas se clasifican en otoñales, invernales, primaverales y estivales. Normalmente, el periodo típico de heladas corresponde al invierno, con proyecciones, según el clima, hacia el otoño y primavera. En las heladas invernales interesa más valorar la intensidad que la fecha de ocurrencia del fenómeno. En este caso, las diferencias de fecha en la ocurrencia de fríos dañinos no tienen mayores consecuencias, porque la resistencia a los fríos durante la estación es muy estable en cada especie vegetal. Las heladas primaverales y otoñales se caracterizan más por la época o fecha en que se

producen que por su intensidad, debido a que, pequeñas diferencias en la fecha de la ocurrencia de una misma temperatura bajo 0°C puede sorprender a las plantas en sus momentos de mayor sensibilidad y ocasionar daños. Las heladas estivales ocurren en los meses del verano y son poco frecuentes. Las heladas que ocurren en otoño reciben el nombre de heladas tempranas, mientras que las que se producen en plena primavera son las heladas tardías.

Las heladas tempranas y tardías son las que presentan mayor interés desde el punto de vista agropecuario, por ocurrir en épocas en que pueden producir sensibles daños a los cultivos de producción estival, en momentos tales como la maduración de maíz, girasol, sorgo, soja, algodón, caña de azúcar, olivo, etc., o a los que inician su crecimiento, floración o fructificación en primavera como: frutales, trigo en espigazón, algodón, maíz y sorgo en crecimiento inicial, etc. Como en tales épocas, la sensibilidad de los cultivos es máxima para descensos térmicos por debajo de 0°C, más que la intensidad de tales heladas tardías y tempranas, interesa la fecha en que las mismas ocurren. Desde el punto de vista agroclimático, los parámetros conocidos como fecha media de primera helada, fecha extrema de primera helada, fecha media de última helada y fecha extrema de última helada, son fundamentales para señalar esta temporalidad.

En todos los estudios destinados a ponderar la aptitud agrícola local o regional de acuerdo a las características agroclimáticas, la consideración del régimen de heladas ocupa un lugar preferente por su incidencia directa en las manifestaciones productivas de extensas áreas agrícolas de latitudes medias. Damario y Pascale (1994) indican que las fechas medias de primera y última helada son índices agroclimáticos utilizados, entre otros, para evaluar la aptitud agrícola local o regional, pues permiten cuantificar la duración del periodo de cultivo durante el cual la frecuencia de ocurrencia de heladas es menor a 1 cada 2 años. En el aspecto

que hace a su temporalidad, las fechas medias de ocurrencia de las primeras heladas del año u otoñales, y la de las últimas o primaverales, son índices de apreciable significación por coincidir con períodos en los cuales los cultivos agrícolas presentan su mayor sensibilidad a las temperaturas inferiores al punto de congelación del agua. Varios autores han investigado sobre este tema en la Argentina. Damario *et al.* (1996) realizaron las cartas climáticas de fechas de primera y última helada para el período 1961-1990. Con anterioridad, Hirschhorn (1958) analizó el régimen de las temperaturas mínimas con las observaciones disponibles hasta 1948, publicando luego el Atlas Agroclimático Argentino que reprodujo Burgos (1963) en su libro “Las heladas en la Argentina”. También existen numerosos trabajos que caracterizan las heladas con datos registrados para lugares específicos, como por ejemplo: Casagrande, *et al* (2006) para la provincia de La Pampa, Navarro *et al.* (2003) para Azul, Costa y Abregú (2002) para Chaco, Casagrande, *et al* (2001) para el este de La Pampa, Monterubbianesi y Cendoya (2001) para Balcarce, Fernández Long *et al.* (2001) para la Ciudad de Buenos Aires y conurbano bonaerense, Orta y Federighi (1996) para Villa Mercedes (San Luis).

La agricultura intenta adaptarse a las condiciones climáticas de un lugar pero es sensible a la variabilidad climática, a los valores extremos y a los cambios en los valores medios. Dependiendo de la escala de tiempo con que se trabaje puede hablarse de variabilidad climática o de cambio climático, ambos con impacto significativo en la producción agropecuaria (Thompson, 1986, 1988). Variabilidad climática alude a variaciones en torno a los valores promedios, mientras que cambio climático se refiere a alteraciones globales de las condiciones climáticas medias incluyéndose no sólo alteraciones atmosféricas, sino también otros componentes del sistema climático como hidrósfera, litósfera, criósfera, biósfera (Pereira *et al*, 2002). La variabilidad climática genera la mayor parte de las fluctuaciones

interanuales en los rendimientos de cultivos anuales que representan una proporción importante de la alimentación básica de la humanidad (FAO, 1974).

Según Easterling *et al.* (2002) en los últimos 51 años en Estados Unidos, el periodo con heladas se ha reducido y la fecha de ocurrencia de la primera helada se ha ido postergando. Este acortamiento del periodo con heladas puede deberse a que las temperaturas globales se han incrementado en aproximadamente 0.6°C a lo largo del siglo XX (Easterling *et al.* 2000). Sin embargo, este incremento de temperaturas no ha sido espacial ni temporalmente uniforme y se estima que su comportamiento continuará de esta manera y que además será acompañado de eventos climáticos aun más extremos (Vincent *et al.* 2005). Dado que la atmósfera no se comporta en forma lineal, no se pueden extrapolar tan fácilmente los resultados, es por esto que muchos científicos han estudiado los cambios producidos en los regímenes de heladas. En Nueva Zelanda, Salinger y Griffiths (2001) encontraron una disminución significativa del número de días con heladas en los últimos 20 años; lo mismo que Bonsal *et al.* (2001) en Canadá.

En este contexto, conocer las variaciones en el régimen de las heladas tales como las de las fechas de comienzo y fin, las intensidades y frecuencias es de fundamental importancia en la planificación agropecuaria.

Fernández Long *et al.* (2005) y Fernández Long and Müller (2006) analizaron el comportamiento de las heladas en la región pampeana observando gran variabilidad zonal, reducción del periodo con heladas en casi toda la región y disminución de la frecuencia de heladas en la mayoría de las localizaciones estudiadas, lo que determinaría que el periodo sin heladas se estaría extendiendo en general. Seiler y Vinocur (2008) en un estudio regional de la variabilidad de las heladas en la provincia de Córdoba observaron que en toda la región analizada existe una tendencia significativa de retraso de las fechas de primeras heladas, es

decir con ocurrencias más hacia el invierno. Los elementos climáticos a veces exhiben variación cíclica en períodos prolongados de 50 años o más. Si los datos disponibles no cubren todo este período, la oscilación a largo plazo es registrada sólo como una tendencia (Chatfield, 1996). Los fenómenos climáticos pueden ser estudiados con los métodos empleados para el tratamiento de series de tiempo. Los elementos básicos de una serie son la tendencia, los ciclos seculares y estacionales, y el componente aleatorio. Para el estudio de la tendencia pueden usarse métodos paramétricos como la regresión lineal en función del tiempo, y no paramétricos como la prueba de Mann-Kendall (Helsel. y Hirsch, 2002). Si los efectos cíclicos no son removidos, es de esperar que las pruebas de hipótesis sobre la tendencia no arrojen resultados significativos, aún cuando esta sea la forma en que se puede aproximar dicho estudio.

OBJETIVO

Este trabajo estudia el comportamiento temporal del régimen agroclimático de heladas meteorológicas en el área de Santa Rosa, La Pampa, Argentina a fin de determinar si se han producido cambios en el mismo y proporcionar mayores herramientas para la planificación agropecuaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La localidad de Santa Rosa (Lat. $36^{\circ}37'S$, Long. $64^{\circ}17'W$, 200m s.n.m) se halla ubicada en el Departamento Capital de la provincia de La Pampa, Argentina (figura1). El área en estudio se caracteriza por su clima templado. La temperatura del aire registra fluctuaciones que definen distintas estaciones. La temperatura media del mes de enero es de $23.0^{\circ}C$ y la del mes de julio de $7.6^{\circ}C$. Se registran temperaturas máximas absolutas de hasta $40.7^{\circ}C$ y mínimas

absolutas de -11.0 °C. El período medio libre de heladas es de 219 días extendiéndose desde el 26 de septiembre hasta el 8 de mayo con una variabilidad de ± 21 días (Vergara y Casagrande, 2012). La precipitación media anual para el período 1961-2012 es de 698.3 mm, con una distribución estacional de: 36.5 % verano (D-E-F), 26 % otoño (M-A-M), 9 % invierno (J-J-A) y 28.5 % primavera (S-O-N). Los vientos predominantes son del NNE y SSO y su velocidad media anual es de 11 km./h con el época de mayor intensidad a la salida del invierno y comienzo de primavera (Casagrande y Vergara, 1996).

Metodología

Se utilizaron datos de temperaturas mínimas diarias de la serie 1977/2013 de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía UNLPam (Santa Rosa, La Pampa).

Se consideró helada a todo descenso térmico igual o inferior a cero grado en abrigo meteorológico (Fernández Long, et al, 2005).

Para cada uno de los años de la serie analizada se determinó la fecha de primera y última helada y el número de días con heladas (frecuencia de heladas). Se analizó la frecuencia e intensidad estacional de las heladas tempranas y tardías. Se calcularon las fechas medias de primera y última helada, período medio con heladas, período medio libre de heladas y número medio de días con heladas y sus respectivos desvíos. Se analizó valores de temperatura mínima absoluta anual y sus desvíos.

El riesgo que representan las heladas sobre la producción agropecuaria se expresó a través de índices que priorizan diferentes variables en función de la finalidad para la que han sido desarrollados. Se calculó el Índice Crikindinoscópico (ICK) de Burgos (1963) que fue diseñado en Argentina para la evaluación climática del riesgo de heladas a nivel regional.

Para los 37 años de datos se evaluaron las tendencias de cada una de las series calculadas usando métodos paramétricos y no paramétricos (Helsel y Hirsch, 2002).

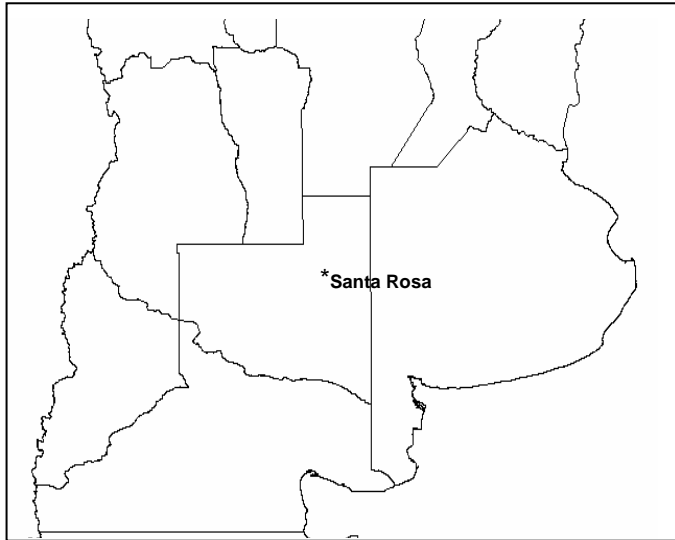


Figura1: Ubicación geográfica del área en estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando el régimen agroclimático de heladas en la localidad de Santa Rosa (La Pampa) para la serie 1977/2013, se determinó que de acuerdo a la época de ocurrencia de las mismas, la fecha media de primeras heladas es el 5 de mayo con un desvío de 18 días, mientras que la de últimas es el 27 de septiembre con un desvío de 19 días. La fecha extrema de primera helada se registró el 30 de marzo de 1977 con un valor de $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la extrema de últimas heladas 14 de noviembre de 2000 con una temperatura de -1.2°C . El período medio con heladas es de 145 días, mientras que el período medio libre de heladas es de 220 días. El período con heladas más largo fue en el año 2000 con 193 días y el más corto fue en el año 1982 con 83 días. El número medio de días con heladas es de 40 con extremos de 16 días en 1982 y de 72 en 1983 (Cuadro N°1).

Cuadro N°1: Fechas medias de primera y última helada, período medio con y sin heladas, número medio de días con heladas y temperatura mínima absoluta media.

	Fecha media primera helada	Fecha media última helada	Período medio con heladas	Período medio libre de heladas	Número medio de días con heladas	Temperatura mínima absoluta media
1977/2013	5 de mayo +- 18 días	27 de septiembre +-19 días	145 días +- 26 días	220 días +- 26 días	40	-7.5°C+-1.8°C

Un aspecto agronómico relevante a considerar respecto de las heladas y vinculado estrechamente a su peligrosidad es su época de ocurrencia. Por esta razón se analizó la ocurrencia de heladas tempranas y tardías, tomando de referencia la fecha media de primeras y últimas heladas y sus respectivos desvíos. Se consideró heladas tempranas a las que se registraron antes del 17 de abril (5 de mayo – 18 días) y tardías a las que ocurrieron después del 16 de octubre (27 de septiembre + 19 días)

Analizados los 37 años de datos que componen la serie se observó que solo en seis de ellos se registraron heladas tempranas (16% de los años). Solamente en el año 1978 se produjo una helada en marzo, mientras que en los restantes cinco años ocurrieron en fechas cercanas a la fecha considerada (17 de abril). Es importante destacar que en los últimos 5 años no ocurrieron heladas tempranas (Cuadro N°2)

Cuadro N°2: Frecuencia de heladas tempranas

Año	Marzo		Abril	
1978	30/3	-0.6°C		
1980			12/4	-0.1°C
			15/4	-0.3°C
1988			8/4	-1.4°C
1990			11/4	-0.5°C

1999		16/4	-2.3°C
		17/4	-0.5°C
2008		14/4	-3.8°C

En el caso de las heladas tardías solo en cinco años de los 37 hubo registros de este fenómeno (13.5% de los años). Otro rasgo a tener en cuenta es que las heladas tardías hasta el año 2007 (cuatro heladas tardías en total) se registraron en noviembre, mientras que la del año 2010 fue más cercana a la fecha considerada (16 de octubre). (Cuadro N°3).

Cuadro N°3: Frecuencia de heladas tardías

Año	Octubre		Noviembre	
	1979			8/11
1992			4/11	-2.0°C
2000			14/11	-1.2°C
2007			4/11	-0.5°C
2010	17/10	-0.3°C		

Para estudiar la variabilidad en el comportamiento de las heladas se analizaron los índices agroclimáticos calculados para toda la serie, versus los de los últimos diez años y del mismo modo se partió la serie de datos comparando los primeros 27 años de registros contra los últimos diez. En ningún caso se observó cambios significativos en los parámetros analizados observándose un comportamiento temporal relativamente estable (Cuadro N°4).

Cuadro N°4: Comparación de distintos períodos de datos.

	Fecha media primera helada	Fecha media última helada	Período medio con heladas	Período medio libre de heladas	Número medio de días con heladas	Temperatura mínima absoluta media
1977/2013	5 de mayo +- 18 días	27 de septiembre	145 días +- 26 días	220 días +- 26 días	40	-7.5°C+-1.8°C

		+19 días				
1977/2003	6 de mayo +- 20 días	26 de septiembre +-20 días	144 días +- 28 días	221 días +- 28 días	39	-7.3°C+-1.6°C
2004/2013	4 de mayo +- 11 días	28 de septiembre +-19 días	147 días +- 20 días	219 días +- 20 días	42	-8.0°C+-2.2°C

Se realizó un análisis de las tendencias lineales (Figura 2) de las variables antes mencionadas con la finalidad de estudiar si se produjo algún cambio en los valores medios obtenidos. No se observan en ningún caso tendencia significativa (Cuadros N° 5). Si se analiza todo el período los cambios si bien son imperceptibles todos muestran el mismo signo, pero si se consideran los últimos 10 años en algunos casos lleva a pensar que existen cambios. Tal es el caso de la fecha media de últimas heladas para los últimos diez años donde el cambio de signo de la tendencia podría indicar una anticipación en el momento de ocurrencia de la misma aunque no significativo.

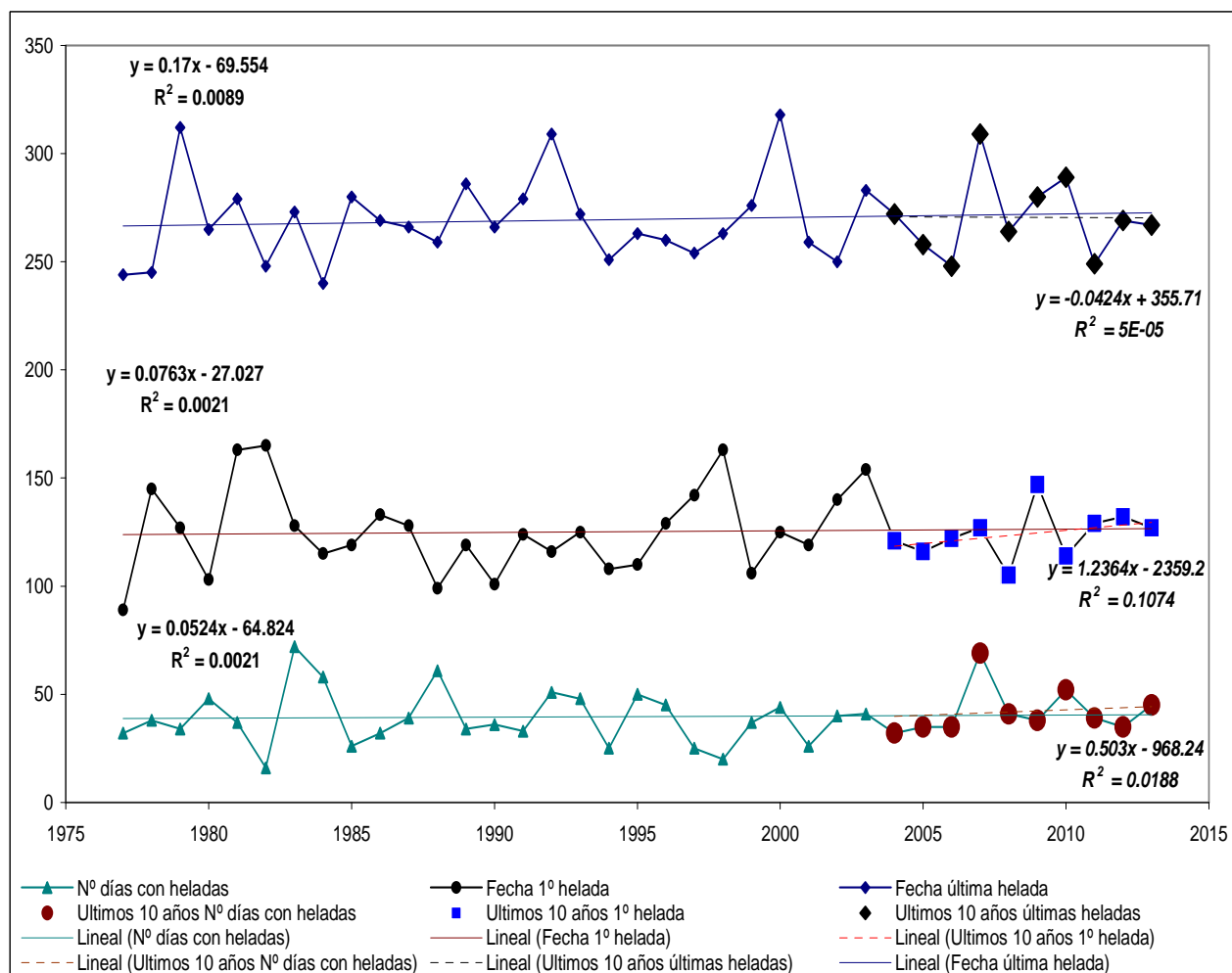


Figura2: Fechas de primera y últimas heladas y número de días con heladas y sus tendencias.

Cuadro N° 5: Resumen estadístico

HELADAS	PERIODO	F	PROBABILIDAD	ECUACION
Tempranas	Total	0.07354	0.78784	Fecha Primera Helada= $-27.0270+0.0763$ Años
	Últimos 10 años	0.96277	0.35523	Fecha Primera Helada= $-2359.2364+1.2364$ Años
Tardías	Total	0.31605	0.57757	Fecha Ultima Helada= $-69.5541+0.1670$ Años
	Últimos 10 años	0.00038	0.98486	Fecha Ultima Helada= $355.7091-0.0424$ Años
Número de días	Total	0.07469	0.78623	Nro Heladas= $-64.8243+0.0524$ Años
	Últimos 10 años	0.15321	0.70570	Nro Heladas= $-968.2364+0.5030$ Años

Para los 37 años de datos analizados la intensidad promedio de las heladas invernales fue de -7.5°C , de las otoñales -1.2°C y de las primaverales -1.0°C , mientras que en los últimos diez años, la intensidad promedio de las heladas invernales fue mayor, lo mismo que la de las heladas tempranas mientras que la de las tardías fue menor (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 6: Intensidad de las heladas

	Media	Desvío	Mínima
T°C mínima absoluta anual 1977/2013	-7.5	1.8	-11.6
T°C mínima absoluta anual 2004/2013	-7.8	2.2	-11.6
T°C mínima absoluta heladas tempranas 1977/2013	-1.2	1.3	-3.8
T°C mínima absoluta heladas tempranas 2004/2013	-----	----	-3.8
T°C mínima absoluta heladas tardías 1977/2013	-1.0	0.7	-2.0
T°C mínima absoluta heladas tardías 2004/2013	-0.4	0.1	-0.5

Del análisis de los índices de peligrosidad (ICK), surge que las temperaturas medias diarias del aire, que anteceden a la ocurrencia de las heladas tempranas y las que precede a las tardías son relativamente elevadas, superando en casi todos los casos el nivel de $14,0^{\circ}\text{C}$ (Cuadro N° 7), lo cual indica que esta adversidad puede ocurrir aún en un período de alta actividad metabólica de los cultivos, cuando éstos son más susceptibles. Solo en el caso de las primeras heladas se observa que en los últimos diez años el ICK es unas décimas menor. Del mismo modo en el ICK de heladas invernales las temperaturas mínimas son algo más intensas en los últimos diez años.

Cuadro N° 7: ICK de primeras y últimas heladas y de heladas invernales para las series 1977/2013 y 2004/2013

	Primeras heladas	Últimas heladas	Heladas invernales	
			Cultivos perennes	Cultivos anuales
ICK 1977/2013	14.7°C	15.7°C	-10.5°C	-9.0°C
ICK2004/2013	13.9°C	15.8°C	-11.6°C	-9.8°C

CONCLUSIONES

La serie analizada revela que los valores medios no se han modificado a lo largo de los años y solo se registra la variabilidad temporal propia del comportamiento dinámico de la atmósfera en zonas de climas templados.

Ha disminuido la frecuencia de heladas tempranas y tardías; las primeras hace más años que no se registran respecto de las segundas, y las que han ocurrido en los últimos años son más cercanas a las fechas medias. Esta variación temporal, si perdura en el tiempo, modificaría de manera positiva el riesgo de esta adversidad, causante de cuantiosas pérdidas en la producción agrícola. En los últimos diez años se registró una sola helada temprana pero más intensa que las de los 27 años anteriores y la temperatura mínima absoluta media y extrema de las heladas tardías fue menor en este período.

En los últimos diez años la temperatura mínima absoluta extrema fue menor.

BIBLIOGRAFÍA

Bonsal, B.R.; Zhang, X.; Vincent, L.A. y Hogg W. D. 2001. Characteristics of daily y extreme temperatures over Canada. *Journal of Climate* 14, 1959-1976.

Burgos, J.J. 1963. Las Heladas en la Argentina. Colección Científica del INTA. Buenos Aires. Argentina.

Casagrande, G.A. y Vergara, G.T. 1996. Labranzas en la región semiárida argentina. Centro regional La Pampa-San Luis. E. E. A. Ing. Agr. Guillermo Covas. Argentina.

Casagrande, G., Vergara, G., Suarez, A., Pérez, S., Sierra, E. y Cony, P. 2001. Caracterización agroclimática de las heladas en el este de la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam. ISSN 0326-6184. 12 (1):31-39.

Casagrande, G.A.; Vergara, G.T. y Bellini, Y. 2006. Cartas agroclimáticas de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina) Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam. ISSN 0326-6184. Volumen 17 N°1/2. Pág. 15-22.

Castillo, F.E. y Castellvi Sentis, F. 1996. Agrometeorología. Mundi-Prensa. Madrid. España. 517p.

Costa C. y Abregu, A. 2002. Diez años de heladas agronómicas en Las Breñas (Prov. De Chaco) Argentina. Actas IX Reunión Argentina de Agrometeorología. Vaquerías, Córdoba, 18-20 septiembre de 2002.

Chatfield, C. 1996. The analysis of time series. An introduction. 5ª Ed. CRC/Chapman & Hall, London.

Damario E. A. y Pascale, A. J. 1994. Método de estimación de las fechas medias de primeras y últimas heladas. Revista Facultad de Agronomía UBA 14(3):257-264,1993/94.

Damario, E. A.; Pascale, A. J.; PEREZ, S.; MAIO, S. y RODRÍGUEZ, R. 1996. Cartas climáticas 1961-1990 de primeras y últimas heladas en la Argentina. Revista Facultad de Agronomía UBA 16(3): 253-263

Easterling, D. R. 2002. Recent changes in frost days and the frost-free season in the United States. Bull. Amer. Meteor. Soc., 83, 1327-1332.

Easterling, D. R.; Gallo, K. P.; Robinson, D. A.; Trenberth, K. E. and Dai, A. 2000. Observed climate variability and change of relevance to the biosphere. *J. Geophys. Res.*, 105, 20101–20114.

FAO 1974. Conferencia Mundial de la Alimentación. Roma.

Fernandez Long, M. E.; Barnatan, I. y Murphy, G. 2001. Las heladas en la ciudad de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense. Revista Argentina de Agrometeorología, 1 (2): 101-106.

Fernández Long M.E, Barnatan I.E., Spescha L., Hurtado R. y Murphy G. 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. CONGREGMET IX, Bs.As, Argentina.

Fernández Long M E. y G. Müller. 2006. Annual and monthly trends in frost days in the Wet Pampa. Proceeding, 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 24-28 April, 2006. Foz do Iguazú, Brasil.

Grebet, P y Juarez, G. 1977. El índice actinotérmico, su interés en la lucha contra las heladas. Secretaría de Agricultura y Ganadería INTA. Tirada interna N°63

Helsel, D.R. and R. M. Hirsch, 2002. Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations, Book 4, chapter A3. U.S. Geological Survey. 522 pp.

Hirschhorn, J. 1958. Las heladas en la República Argentina. Atlas Agroclimático Argentino. Serie Índices Agroclimáticos. Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires. Argentina.

Lanier, L; Joly, P; Bondoux, P Y Bellemere, A. 1978. Mycologie et Pathologie Forestiere TomoI Mycologie Forestiere. Masson et Cíe París

Ledesma, N.R. 1979. Cuadernos de Cultura N° 17. Santiago del Estero. Argentina

Monterubbianesi, M. G. y Cendoya. M. G. 2001. Caracterización del régimen de heladas meteorológicas y agrometeorológicas en Balcarce (Argentina) en el período 1970-1999. Rev. Facultad de Agronomía, 21(1): 69-78.

Murphy, G y Hurtado, R. 2011. Agrometeorología. Editorial Facultad Agronomía, UBA ISBN: 978-950-29-1324-7 440 Pág.

Navarro, M.; Vilatte, C. y 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. Ciudad de la Habana, Cuba. 3 al 7 de marzo de 2003.

Orta F. J. y Federighi, M. 1996. El régimen de heladas en el área de V. Mercedes (San Luis) en relación con cultivos estivales extensivos. Actas VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Septiembre 1996, Buenos Aires.

Pereira, A.R., Angelocci, L.R. y Sentelhas, P.C. 2002. Agrometeorología Fundamentos y Aplicaciones. Editora Agropecuaria. Guaíba-RS-Brasil 478 pp

Salinger, M. J. y Griffiths, G. M.. 2001. Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes. International Journal of Climatology. 21: 1437-1452 (2001).

Seiler, R. A. y Vinocur, M.G. 2008. Cambio climático y variabilidad climática: un estudio regional de la variabilidad de las heladas en la provincia de Córdoba. XII Reunión Argentina de Agrometeorología. San Salvador de Jujuy - Argentina

Thompson, L.M. 1986 Climate change, weather variability and corn production. Agron. J. 78:649-653

Thompson, L.M. 1988. Effects of change in climate and weather variability on the yields of corn and soybeans. *J. Prod. Agric* 1:20-27

Vergara, G.T y Casagrande, G.A. 2012. Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam.* Vol. N°22.

Vincent, L., Peterson T, Barros V, Marino M, Rusticucci M, Carrasco G, Ramirez Alves L, Ambrizzi T, Berlato M, Grimm A, Marengo M, Molion L, Moncunill D, Rebello E, Anunciacao Y, Quintana J, Santos J, Baez J, Coronel G, Garcia J, Trbejo I, Bidegain M, Haylock M, Karoly D. 2005. Observed Trends in Indices of daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate* 18: 5011-5023.