



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA Y TURISMO

TESIS DE LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

**“ESTADOS DE TIEMPO Y SU RELACIÓN CON
EVENTOS DE HELADAS AGROMETEOROLÓGICAS.
UN APOORTE PARA LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA DEL
SUROESTE BONAERENSE”**

YAMILA BELÉN LAMBRECHT

Directora: Dra. Ramos, María Belén

Co-Directora: Dra. Picone, Natasha

BAHÍA BLANCA 2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur y al Consejo Interuniversitario Nacional que a través de la Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas permitieron el desarrollo de la presente investigación.

A los productores del suroeste bonaerense por brindar sus experiencias y su tiempo, gracias por su colaboración.

A mis directoras de tesis, la Dra. M. Belén Ramos y la Dra. Natasha Picone por guiarme y aconsejarme durante este recorrido. Gracias por compartir sus conocimientos y experiencia, por la dedicación y también por brindarme calma cuando sentía que perdía el rumbo. A pesar de las dificultades que se presentaron en este contexto de virtualidad, me brindaron su apoyo afectivo en todo momento.

Al Grupo de Geografía Física Aplicada que me acompañó desde que incursioné en la Geografía. A cada uno de ellos que formó parte de este camino, gracias por su acompañamiento y apoyo.

A mi familia, particularmente a mis hermanos por su comprensión, paciencia y aliento en cada momento. A mi pareja por el afecto y por animarme a superarme día tras día.

Especialmente a mis padres que desde el primer momento me motivaron a seguir mi propio camino. Por enseñarme a ser libre y al mismo tiempo a trabajar con esfuerzo y constancia para lograr mis objetivos. A ellos va dedicada esta tesis.

RESUMEN

Los estados de tiempo influyen de forma decisiva en las actividades agrícolas de cualquier espacio específico y determinan en gran medida, el éxito o el fracaso de la cosecha de un año concreto. En este sentido, las heladas son uno de los fenómenos climáticos más temidos por los efectos perjudiciales que ocasionan. El conocimiento de cómo se originan las heladas, sus características y las consecuencias que producen permitirá a los productores tener mayores herramientas para el control de sus producciones.

Las características climáticas del suroeste bonaerense están influenciadas por la alternancia permanente de masas de aire de distinta naturaleza y el desplazamiento estacional de los centros de acción. La variabilidad en los estados de tiempo es producto de esta dinámica y en ocasiones genera heladas intensas (heladas extremas), así como también variabilidad de ocurrencia (heladas tempranas y tardías), que producen pérdidas económicas en términos de rendimiento productivo.

El tiempo está continuamente cambiando, la atmósfera tiene cada día una fisonomía distinta. Por ello, el objetivo general de esta investigación es analizar la relación entre los estados de tiempo y las heladas agrometeorológicas en el suroeste de la provincia de Buenos Aires (2013-2017) con el fin de aportar conocimiento sobre estos eventos a los productores agrícolas de la región. Para ello se utilizó una metodología que considera la climatología analítica y sinóptica como complementaria. El fin último de esta investigación consiste en lograr un conocimiento más acabado de las condiciones sinópticas del área para prevenir o mitigar los efectos negativos que pueden tener las heladas sobre la sociedad y sus actividades agrícolas.

El área de estudio presenta un predominio de estados de tiempo cálidos y templados. Sin embargo las heladas ocurrieron con estados de tiempo fríos sin precipitaciones. En cuanto al origen, se verificó la ocurrencia de heladas de advección, de radiación y mixtas. Se manifestaron de forma desigual en el territorio, afectando en mayor medida al sector suroeste del área de estudio. La distribución mensual también arrojó variaciones dentro del suroeste bonaerense, particularmente durante la época estival donde algunas estaciones presentaron heladas y otras no. Además, el período con heladas aumentó de este a oeste durante el tiempo estudiado.

Al analizar las heladas en cuanto a sus afectaciones, se consideraron las heladas más extremas en términos absolutos, donde en localidades como Villalonga, Coronel Pringles,

Médanos y Bordenave se registraron valores entre -9 y -7 °C. Las heladas más perjudiciales fueron las tardías y las tempranas, que afectaron el rendimiento de los cultivos en múltiples ocasiones.

Palabras clave: Heladas agrometeorológicas – Estados de tiempo – Suroeste bonaerense

ABSTRACT

The weather states have a decisive influence on agricultural activities in any specific space and largely determine the success or failure of a particular year's harvest. In this sense, frost is one of the most feared climatic phenomena because of the harmful effects it causes. The knowledge of how frosts originate, its characteristics and consequences will allow producers to have greater tools for the control of their productions.

The climatic characteristics of the southwest of Buenos Aires province are influenced by the permanent alternation of air masses of different nature and the action centers seasonal displacement. The variability in the weather conditions is a product of this dynamic and sometimes generates intense frosts (extreme frosts), as well as variability of occurrence (early and late frosts), which produce economic losses in terms of productive performance.

The weather is continuously changing. The atmosphere has a different physiognomy every day. Therefore, the general objective of this research is to analyze the relationship between weather conditions and agrometeorological frosts in the southwest of the province of Buenos Aires (2013-2017) in order to provide knowledge about these events to agricultural producers of the region. For this purpose, a methodology that considers analytical and synoptic climatology as complementary will be used. The ultimate goal of this research is to achieve a more complete knowledge of the synoptic conditions of the area in order to prevent or mitigate the negative effects that frost can have on society and its agricultural activities.

The area of study presents a predominance of warm and temperate weather conditions. However, frosts occurred with cold weather conditions without precipitation. As for the origin, it was verified the occurrence of advection, radiation and mixed frosts. They manifested themselves unevenly in the territory, affecting the southwestern sector of the study area to a greater extent. The monthly distribution also showed variations in the southwest of Buenos Aires, particularly during the summer season where some weather stations presented frosts and others did not. In addition, the period with frost increased from east to west during the time studied.

When analyzing frosts in terms of their effects, the most extreme frosts were considered in absolute terms, where in locations such as Villalonga, Coronel Pringles, Medanos and Bordenave values between -9 and -7 °C were recorded. The most damaging frosts were the late and early ones, which affected the productive performance on multiple occasions.

Keywords: Agrometeorological frosts – Weather states – Southwest of Buenos Aires province

ÍNDICE

Agradecimientos	2
Resumen	3
Abstract	5
Índice	7
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Presentación de la problemática	9
1.2. Objetivos de la investigación	10
1.3. Hipótesis de trabajo	10
1.4. Marco Teórico	10
1.4.1. Estados del tiempo	10
1.4.2. Eventos extremos.....	13
1.4.3. Heladas.....	14
1.5. Antecedentes y estado actual del conocimiento	16
1.6. Localización y caracterización del área de estudio	18
2. METODOLOGÍA	25
2.1. Materiales	25
2.2. Métodos y técnicas	25
2.2.1. Determinación de los estados del tiempo	26
2.2.2. Caracterización de heladas	28
2.2.3. Determinación de relación entre estados de tiempo y heladas.....	29
2.2.4. Afectación de las heladas en las actividades agrícolas. Perspectivas cualitativas	29
3. ESTADOS DE TIEMPO TÍPICOS DEL SUROESTE BONAERENSE ..	31
3.1. Caracterización climática del suroeste bonaerense	31
3.2. Los estados de tiempo típicos del suroeste bonaerense	35

3.2.1. Los tipos de tiempo muy fríos (MF)	37
3.2.2. Los tipos de tiempo fríos (F)	38
3.2.3. Los tipos de tiempo templados (T)	38
3.2.4. Los tipos de tiempo cálidos (C)	38
3.2.5. Los tipos de tiempo muy cálidos (MC)	39
3.2.6. Síntesis	39
4. LAS HELADAS EN EL SUROESTE BONAERENSE	40
4.1. Análisis estadístico comparativo entre 2013-2017 y la situación climática normal	40
4.2. Distribución espacial interanual de las heladas	41
4.3. Período con heladas	42
4.4. Intensidad de las heladas	44
4.5. Heladas tempranas y tardías	45
4.6. Distribución mensual	48
4.7. El origen de las heladas	52
4.8. Los estados de tiempo asociados con las heladas	54
5. AFECTACIÓN DE LAS HELADAS EN LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	58
5.1. Las actividades agrícolas de la región	58
5.1.1. El rendimiento de los cultivos	58
5.1.2. Fechas de siembra y de cosecha	59
5.2. La influencia de las heladas en las actividades agrícolas (2013-2017) ..	60
5.3. La percepción de los productores	68
6. CONCLUSIÓN	71
7. BIBLIOGRAFÍA	74
8. ANEXO	83

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación de la problemática

El tiempo atmosférico es el estado físico de la atmósfera en cada instante, en un lugar determinado y su evolución en un tiempo relativamente corto (Ramos y Campo, 2008). Los estados de tiempo influyen de forma decisiva en las actividades agrícolas de cualquier espacio determinado y determinan en gran medida, el éxito o el fracaso de la cosecha de un año concreto. Uno de los elementos más importantes en el análisis de los estados de tiempo es la temperatura. Las anomalías en la temperatura pueden llegar a convertirse en un factor limitante en el desarrollo de la agricultura. Los golpes de calor, las olas de frío y las heladas, son factores negativos, sobre todo si se presentan en los momentos considerados como críticos dentro del ciclo evolutivo de los cultivos (Domínguez Bascón, 1986). En este sentido, quizás sean las heladas uno de los fenómenos climáticos más temidos por los efectos perjudiciales que ocasiona, que puede llegar a disminuir parcial o totalmente la evolución esperada de las cosechas (Domínguez Bascón, 1986). La helada es un fenómeno que, dependiendo de su intensidad, duración y la fase fenológica en que se encuentre el cultivo, puede provocar graves daños a la agricultura. El conocimiento de cómo se originan las heladas y de las consecuencias que ello implica, de su peligrosidad (determinada por la época de ocurrencia de las mismas) así como por su intensidad y duración, todo ello vinculado al cultivo a proteger, a su comportamiento fenológico; permitirá a los productores obtener mayor control sobre sus producciones (Murphy y Hurtado, 2013).

Las características climáticas del suroeste bonaerense están influenciadas por la alternancia permanente de masas de aire de distinta naturaleza y el desplazamiento estacional de los centros de acción. La variabilidad en los estados de tiempo es producto de esta dinámica y en ocasiones genera heladas intensas (heladas extremas), así como también variabilidad de ocurrencia (heladas tempranas y tardías). Estos eventos ocasionan daños sobre las actividades socio-económicas y por ello, es de gran importancia su estudio. La actividad agrícola tiene una fuerte presencia en el suroeste bonaerense, y a menudo se ve fuertemente afectada por la variabilidad climática. Por lo expuesto, esta investigación pretende lograr un conocimiento más acabado de las condiciones sinópticas del área para prevenir o mitigar los efectos negativos que pueden tener las heladas sobre la sociedad y sus actividades.

1.2. Objetivos de la investigación

El objetivo general de la investigación es analizar la relación entre los estados de tiempo y las heladas agrometeorológicas en el suroeste de la provincia de Buenos Aires (2013-2017) con el fin de aportar conocimiento sobre estos eventos a los productores agrícolas de la región.

Los objetivos específicos son:

- 1) Analizar los datos meteorológicos para el período 2013-2017.
- 2) Identificar los estados de tiempo en el suroeste de Buenos Aires.
- 3) Clasificar las heladas en cuanto a su origen, frecuencia y ocurrencia.
- 4) Relacionar las heladas identificadas con los estados del tiempo.
- 5) Determinar posibles daños para los cultivos y consecuencias para los productores por efecto de las heladas.
- 6) Complementar los resultados obtenidos con la prensa local, revistas de divulgación agropecuaria y otros documentos afines a la temática de investigación.

1.3. Hipótesis de trabajo

En esta búsqueda de comprender el comportamiento de las heladas en el suroeste bonaerense, es que surgen múltiples interrogantes: ¿Las heladas en el suroeste bonaerense se comportan de forma homogénea? ¿Las heladas provocan pérdidas económicas en la región? ¿Qué tipo de heladas se producen en la región? Para responder dichos interrogantes, se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

“Las heladas agrometeorológicas afectan la actividad agrícola en el suroeste bonaerense y se originan con estados de tiempo no predominantes”.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Estados del tiempo

El aspecto que presenta la atmósfera y que el hombre percibe es el *tiempo atmosférico*, que con más precisión no es otra cosa que el estado físico de la atmósfera en cada instante, en un lugar determinado y su evolución en un tiempo relativamente corto (Ramos y Campo, 2008). Para determinar una situación atmosférica en un determinado lugar se tienen en cuenta una

serie de factores que inciden, entre los que se destacan la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, las precipitaciones y el viento (Meteo Navarra, 2020).

Las situaciones meteorológicas diarias a pesar de no ser exactamente iguales, pueden clasificarse de forma tal que constituyan clases o tipos de tiempo de características esenciales semejantes y comportamiento equivalente a nivel de macroescala (San Gil *et al.*, 1986). La noción de *tipos de tiempo* surge cuando una combinación reaparece con cierta frecuencia y produce efectos semejantes (Capelli de Steffens *et al.*, 2005). Dicha combinación es la que se denominará en el trabajo *estados de tiempo típicos*. Los meteorólogos entienden por tipo de tiempo a la distribución particular de los sistemas de presión y de las masas de aire sobre una región geográfica, asociados con típicas características generales del tiempo atmosférico (Organización Meteorológica Mundial, 1966). Otros autores definen los tipos de tiempo como un conjunto relativamente homogéneo de ambientes atmosféricos, producto de la interacción de factores dinámicos y geográficos (Rasilla Álvarez, 2003). En este sentido el autor sostiene que un tipo de tiempo debería definirse por la combinación de un número elevado de parámetros que reproduzcan con la mayor fidelidad posible la variedad de estados de la atmósfera sobre el lugar.

Los cambios bruscos del tiempo se deben a desplazamientos sobre la superficie de la tierra de masas de aire, que tienen características muy diferentes en cuanto a temperatura, humedad o presión. Estas masas de aire cubren extensas zonas del planeta y su estudio suele ser la base para la clasificación de los estados del tiempo. Existen varias clasificaciones según las distintas metodologías empleadas y combinación de variables.

Pejenaute Goñi (1990) establece una doble clasificación diaria: una de tipos de tiempo y otra de situaciones atmosféricas. El autor clasifica los estados de tiempo en función del análisis y consideración de tres variables meteorológicas: temperatura, precipitación y presión atmosférica. En dicha clasificación la variable meteorológica que domina es la temperatura. Como resultado aparecen cinco grandes grupos de tipos de tiempo con cuatro tiempos cada uno:

- Tipos de tiempo muy fríos (MF): *Anticiclón muy frío con precipitaciones (AMFP)*, *Anticiclón muy frío sin precipitaciones (AMF)*, *Ciclón muy frío con precipitaciones (CMFP)* y *Ciclón muy frío sin precipitaciones (CMF)*.

- Tipos de tiempo fríos (F): *Anticiclón frío con precipitaciones (AFP)*, *Anticiclón frío sin precipitaciones (AF)*, *Ciclón frío con precipitaciones (CFP)* y *Ciclón frío sin precipitaciones (CF)*.
- Tipos de tiempo Templados (T): *Anticiclón templado con precipitaciones (ATP)*, *Anticiclón templado sin precipitaciones (AT)*, *Ciclón templado con precipitaciones (CTP)* y *Ciclón templado sin precipitaciones (CT)*.
- Tipos de tiempo Cálidos (C): *Anticiclón cálido con precipitaciones (ACP)*, *Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)*, *Ciclón cálido con precipitaciones (CCP)* y *Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)*.
- Tipos de tiempo Muy Cálidos (MC): *Anticiclón muy cálido con precipitaciones (AMCP)*, *Anticiclón muy cálido sin precipitaciones (AMC)*, *Ciclón muy cálido con precipitaciones (CMCP)* y *Ciclón muy cálido sin precipitaciones (CMC)*.

Ruiz Urrestarazu (1978) por su parte, también clasifica los estados de tiempo a partir de los mismos elementos del clima, pero a diferencia de Pejenaute Goñi, incluye en su clasificación el tipo intercyclónico.

Otros autores como Cañada Torrecilla (2017) clasifican los estados del tiempo utilizando el método de Análisis de Componentes Principales y técnicas de agrupamiento para unificar los días con un tiempo similar. Por otra parte, Ibarra (2008) realiza una clasificación de tipos de tiempo favorables para la práctica del turismo de sol y playa.

- Estados de tiempo soleados: Tiempo muy bueno soleado, Tiempo bastante bueno soleado, Tiempo bueno soleado, Tiempo aceptable algo fresco soleado, Tiempo aceptable fresco soleado y Tiempo cálido y pesado.
- Estados de tiempo nubosos: Tiempo aceptable con cobertura nubosa parcial y Tiempo aceptable relativamente fresco con cobertura nubosa parcial.
- Estados de tiempo lluviosos: Tipo aceptable con breve episodio lluvioso, Tiempo aceptable con episodio lluvioso y Tiempo aceptable relativamente fresco con breve episodio lluvioso.
- Estados de tiempo ventosos: Tiempo aceptable con fuerte viento.

Como se puede observar, existen múltiples clasificaciones de tipos de tiempo. Esto puede explicarse por su aplicación, ya que cada vez hay más estudios que analizan su relación con los problemas ambientales.

1.4.2. Eventos extremos

Otro concepto a tener en cuenta en el presente trabajo es el de *evento extremo*, definido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2012) como la ocurrencia de una variable climática por encima, o por debajo, de un valor umbral que se encuentra cerca de los extremos superiores, o inferiores, de la gama de valores observados de la variable; esto es, cuando un evento sale de su ocurrencia “normal” y alcanza estados límite que el sistema no puede soportar. Al llegar a este límite, los eventos son considerados extremos (Ávila Flores *et al.*, 2014). Entre ellos se destacan aquellos asociados a registros térmicos extremos tales como heladas extremas o inusuales, heladas tempranas y tardías, olas de frío y de calor; acontecimientos relativos a la precipitación como inundaciones o por el contrario sequías; vientos fuertes, entre otros. En el área de estudio los principales eventos extremos que afectan son: heladas, sequías, vientos fuertes e incendios.

En los últimos años, los eventos extremos han despertado un interés creciente debido a que su ocurrencia genera importantes daños en la población e importantes pérdidas económicas. Ejemplos recientes de ello fueron las heladas en España en los años 2019 y 2020 que ocasionaron pérdidas económicas en los cultivos de papa, frutales y almendros (Argenpapa, 2020; Portalfrutícola, 2019). Otro de los ejemplos es el caso de enero de 2017, cuando las heladas afectaron los cultivos hortícolas de la Unión Europea provocando un aumento de precios en los mercados por falta de oferta (Maté, 2017). En América Latina, las heladas de 2015 afectaron el cultivo de maíz en Ecuador y al cultivo de cerezos en Chile (La Hora, 2015; El Agro, 2015). Por otra parte, en Argentina las heladas se manifiestan en gran parte del país. Algunos casos destacados son las heladas de 2020 en La Pampa, Santa Fe y Córdoba, que afectaron principalmente los cultivos de trigo y papa (El Orden de Pringles, 2020; Saladillo Campo, 2020).

La región de estudio no está fuera del alcance de estos eventos. Por ejemplo, las heladas tempranas ocurridas en marzo de 2018 afectaron el cultivo de trigo en Coronel Suárez, cuyo rendimiento fue bajo (Hernández, 2018). Otro ejemplo fueron las heladas ocurridas en febrero de 2019, las cuales impactaron en los cultivos de soja de primera y maíz según el análisis de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca (La Nación, 2019). Los partidos más afectados fueron los de Coronel Pringles, Coronel Suárez y Saavedra, donde se observaron daños en la superficie foliar y aborto de flores en ambos cultivos (La Nación, 2019). En cuanto a las heladas tardías, es posible mencionar el ejemplo acontecido en

diciembre de 2018 cuando las heladas provocaron daños en los lotes de girasol, cuyas hojas comenzaban a crecer (Sommantico, 2018).

1.4.3. Heladas

El tiempo está continuamente cambiando, la atmósfera tiene cada día una fisonomía distinta. En la variabilidad cotidiana del tiempo se encuentran inmersas la mayor parte de las actividades humanas (Bruniard, 1992). Asimismo, dentro del contexto de la variabilidad y cambio climático el estudio de los estados de tiempo típicos y eventos extremos cobran cada vez mayor relevancia especialmente, si se considera el grado en que afecta a las actividades socio-económicas. De esta manera es cada vez mayor su estudio y asociación con variables como: salud, agricultura, ganadería, uso de suelo, entre otras. En este sentido, es que se abordará en el trabajo el concepto de helada. Según el Centro de Información Agroclimática (2013) se considera *helada* a todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido en el abrigo meteorológico. También es posible trabajar con el concepto de *helada agrometeorológica*, definida como toda temperatura mínima igual o menor a 3 °C ambas medidas en abrigo meteorológico (Fernández Long *et al.*, 2016). Otros autores, a su vez, la definen como todo descenso térmico que produce daños a los vegetales. A pesar de que el umbral térmico varía en función del cultivo con el que se trabaje, se toma como valor genérico los 3 °C medidos en el abrigo meteorológico. “Si bien este nivel de temperatura puede parecer muy arbitrario, se ha establecido teniendo en cuenta que la temperatura registrada en los órganos vegetales puede ser entre 3 y 4 °C menor a la observada dentro del abrigo” (Murphy y Hurtado, 2013:316). A efectos de comprender mejor la relación entre las heladas y las actividades agrícolas, es que se hará especial hincapié en las heladas agrometeorológicas en esta investigación.

Según su origen, las heladas se distinguen en: heladas de advección, de radiación y mixtas. Las heladas de advección o advectivas están asociadas a ingresos a gran escala de aire frío con temperaturas inferiores a 0 °C en general. Se caracterizan por la presencia de viento con velocidad igual o superior a 15 km/h y un gradiente de temperatura negativo, sin inversión térmica. Las heladas radiativas o de radiación son las más comunes. Ocurren en situación anticiclónica, sobre todo en noches despejadas y sin viento. Bajo estas condiciones, el suelo pierde energía y se enfría rápidamente, disminuyendo la temperatura del aire que está sobre él. En ausencia del viento, el aire no se mezcla, y como consecuencia las capas de aire que están cerca del suelo serán más frías que las superiores, y esto favorece el desarrollo de las heladas. Muchas de las heladas más dañinas son fruto de la ocurrencia de heladas de

radiación precedidas de procesos advectivos a los que se asocian las heladas de advección (Servicio Meteorológico Nacional, 1985). También existen heladas mixtas, cuando en forma casi simultánea ocurre un vuelco de aire frío y un enfriamiento por pérdida de calor del suelo.

Para determinar las heladas y su magnitud, se utiliza la *temperatura mínima*, definida como la temperatura más baja que se registra a lo largo de un día, un mes o un año determinado. Uno de los parámetros para caracterizar el fenómeno es la *frecuencia de días con heladas* (FH), que se refiere al número de eventos de heladas producidos en un año determinado. Entre los autores que han trabajado dicho concepto se destacan Campo de Ferreras *et al.* (2004) y Bohn *et al.* (2014) para el suroeste bonaerense.

Asimismo, el *período con heladas* (PER) también resulta fundamental para el análisis. Es el número de días que existe entre la primera y la última helada de un año determinado. Existen diversos autores que han trabajado dicho parámetro. Entre ellos se destacan Almorox *et al.* (2015) quienes lo aplicaron para el suroeste bonaerense para el período 2007-2011 y Long *et al.* (2005) que trabajaron la región pampeana en el período 1964-1993. Por otra parte, Repetto (2014) trabajó el PER en General Pico (La Pampa) para el período 1973-2013 y García *et al.* (2015) en Anguil (La Pampa) para el período 1973-2009; mientras que Casagrande *et al.* (2001) lo hicieron para el sector este de dicha provincia para el período 1973-1998.

El conocimiento de las fechas medias de primeras y últimas heladas es fundamental ya sea para prevenir o para mitigar problemas referentes a la planificación del uso de la tierra, selección de cultivos y principalmente para la determinación del calendario agrícola (Murphy y Hurtado, 2013). Se considera primera helada o *helada temprana* a aquella ocurrida entre el 1 de enero y el 30 de mayo. Por otra parte, se considera última helada o *helada tardía* a aquella que ocurre en el período comprendido entre el 1 de septiembre y el 31 de diciembre (Straschnoy *et al.*, 2006).

En relación al tema del presente trabajo, resulta conveniente incorporar los conceptos de *mitigación, prevención y adaptación* establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). La adaptación consiste en el ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre

ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada (Watson, 2001). Por su parte, los conceptos de mitigación y prevención hacen referencia a la aminoración del potencial de los impactos adversos de los peligros físicos (incluidos los inducidos por el ser humano) mediante acciones que reducen el peligro, la exposición y la vulnerabilidad (Agard et al., 2018).

1.5. Antecedentes y estado actual del conocimiento

Existen numerosos trabajos acerca del origen, frecuencia y características de los estados de tiempo a escala internacional. La caracterización de los tipos de tiempo ha sido estudiada principalmente en España, distinguiéndose el trabajo de Rasilla Álvarez (2003). Otro trabajo relevante es el elaborado en Chile, cuyo estudio de los estados del tiempo forma parte de un trabajo mayor que caracteriza el clima del sur de la Patagonia (Endlicher y Santana, 1988). En cuanto a metodología se destaca el trabajo de Pejenaute Goñi (1990) realizado en las comarcas de Navarra, España. Los tipos de tiempo se han estudiado a partir del vínculo con cuestiones ambientales tales como en el caso de Cañada Torrecilla (2017) o con cuestiones turísticas como por ejemplo el trabajo de Ibarra (2008). También existen numerosos estudios que relacionan las condiciones sinópticas con eventos extremos. Entre ellos, se destacan las olas de calor en Grecia (Theoharatos *et al.*, 2010) y en Madrid (García y Álvarez, 2008); los incendios en el Mediterráneo francés (Ruffault *et al.*, 2016) y los tornados en Grecia (Matsangouras *et al.*, 2014).

A escala nacional, se destaca el trabajo de Burgos (1963) en el cual se analizan los estados de tiempo que conducen a la formación de las heladas invernales intensas, heladas extratemporáneas y de heladas estivales. Dicho autor también estudia los tipos de circulación y estados de tiempo que producen heladas dañinas en Argentina. Los análisis que existen sobre estados del tiempo a escala regional y local se han enfocado principalmente en estudiar los estados de tiempo e identificar aquellos que repercuten y afectan las actividades de la población (Campo y Gil, 2004). También se han realizado estudios vinculando los estados de tiempo con la salud en Bahía Blanca (Capelli de Steffens *et al.*, 2005) y más recientemente Ramos y Campo (2008 y 2014) y Campo y Ramos (2001 y 2015) en la localidad de Punta Alta. También se han analizado los estados de tiempo vinculados a la variabilidad de las precipitaciones (Campo *et al.*, 2009).

En cuanto a los eventos extremos, la variabilidad de las precipitaciones en períodos anteriores fue estudiada por Campo *et al.* (2009). Otros estudios se han dedicado a

identificar, clasificar e inventariar los eventos extremos con el fin de espacializar las áreas afectadas y analizar la dinámica (Gentili *et al.*, 2013, Bohn *et al.*, 2011). También se realizó un inventario de los eventos climáticos-meteorológicos extremos en escala temporal y espacial (Campo *et al.*, 2011).

Con respecto al estudio de heladas, a nivel internacional se destaca el trabajo de Bravo *et al.* (2020) que las analiza en cuanto a factores, tendencias y efectos en frutales y vides en Chile. En Brasil se distinguen Seluchi y Neri (1992) con su estudio sobre las condiciones sinópticas medias conducentes a situaciones de helada en la región de Maringá. En México, Martínez y Larios (2020) investigaron acerca de un sistema contra las heladas en cultivos con entornos cerrados.

A escala nacional, Burgos (1963) también abordó los aspectos relativos a la física atmosférica en lo que a heladas se refiere y la evaluación económica de los métodos de lucha contra las heladas. La caracterización de heladas tanto meteorológicas como agrometeorológicas es un tema recurrente en diversos trabajos como los de Casagrande *et al.* (2001), Monterubbianesi y Cendoya (2001), Damario *et al.* (2006), García *et al.* (2008), Vilatte *et al.* (2008), Repetto (2014) y García *et al.* (2015), entre otros. En Balcarce, provincia de Buenos Aires, se destaca el informe de Abatte y Martino (2019) acerca del daño de las heladas sobre el cultivo de trigo. Por otra parte, Giardina *et al.* (2020) han estudiado el impacto de las heladas en el cultivo de caña de azúcar en Tucumán.

A escala regional, la caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad para el período 1964-1993 fue realizada por Long *et al.* (2005). Asimismo, existen numerosos trabajos, informes y noticias de la Estación Experimental Agropecuaria de Hilario Ascasubi y Bordenave del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Entre ellos se destacan los trabajos de Pezzola (2018) y Vanzolini *et al.* (2016) acerca de los efectos de las heladas en los cultivos.

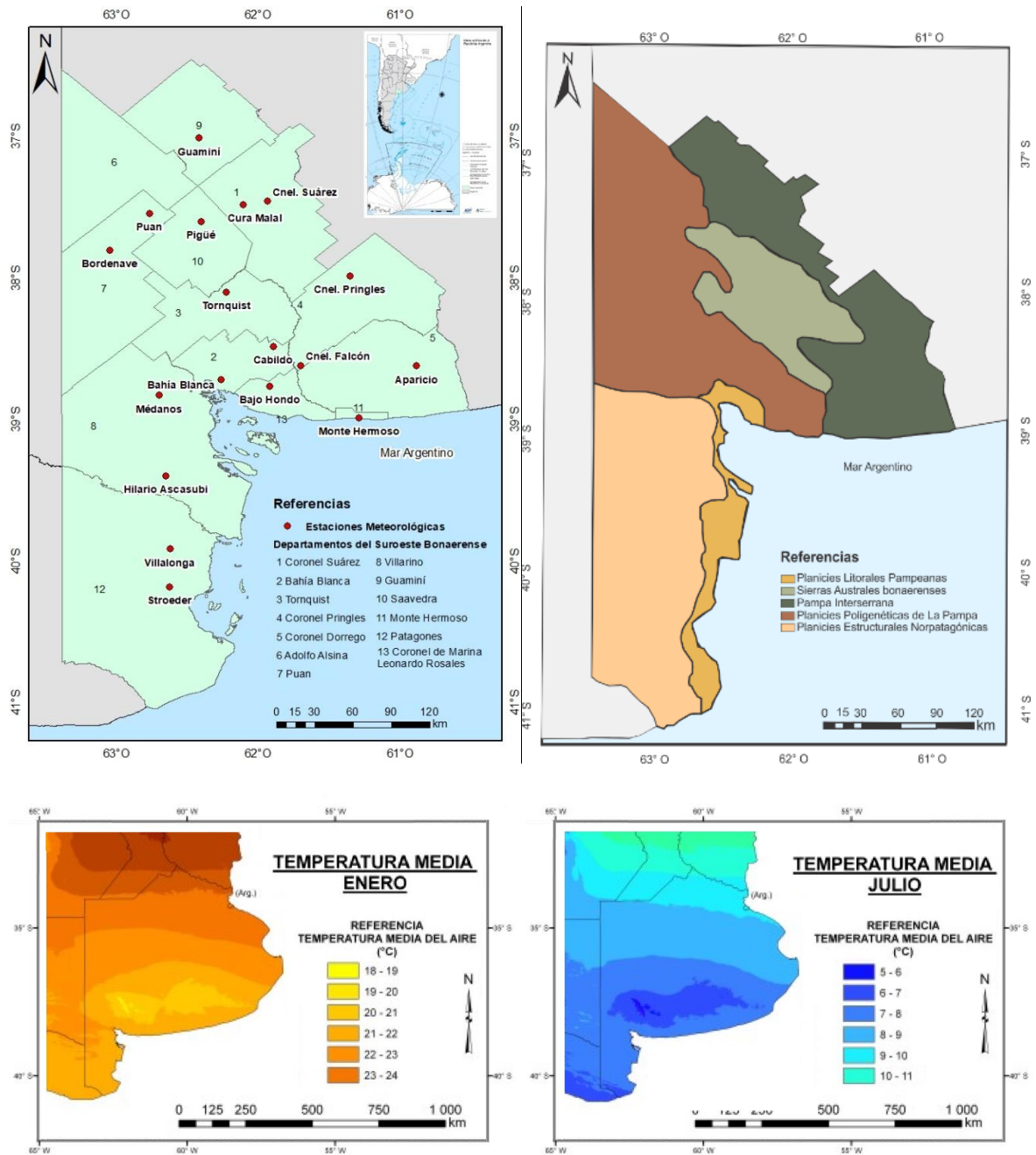
1.6. Localización y caracterización del área de estudio

El área de estudio corresponde al suroeste de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1). El suroeste bonaerense está comprendido por los partidos de: Adolfo Alsina, Bahía Blanca, Coronel Rosales, Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Coronel Suárez, Guaminí, Monte Hermoso, Patagones, Puan, Saavedra, Tornquist y Villarino. El criterio seleccionado corresponde al listado de partidos que integran la región del suroeste bonaerense en la Ley

Provincial 13.647 (Portal oficial del Estado argentino, 2020). La superficie total del área de estudio es de 69.610,5 km².

Figura 1

Localización del área de estudio: suroeste bonaerense



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Instituto Geográfico Nacional (2020), Pereyra (2003) y Bianchi y Cravero (2010).

Según sus características geomorfológicas pertenece a la llanura pampeana, la cual presenta una suave inclinación Norte – Sur desde Sierra de la Ventana hasta la costa. Dentro de este

cordón serrano se destaca como mayor altura el Cerro Tres Picos de 1.234 m sobre el nivel del mar (Campo *et al.*, 2009).

Argentina se caracteriza por presentar una gran variabilidad ambiental como consecuencia de la gran extensión latitudinal, un marcado gradiente altitudinal, variadas litologías de diferentes edades y fluctuaciones climáticas cuaternarias. Como resultado, se encuentran diferentes ecoregiones en el país (Pereyra, 2003). Particularmente en el área de estudio, se hacen presente cinco de ellas: *Planicies Litorales Pampeanas*, *Sierras Australes bonaerenses*, *Pampa Interserrana*, *Planicies Poligenéticas de La Pampa* y *Planicies Estructurales Norpatagónicas*.

Las Planicies Litorales Pampeanas se encuentran al sur del área de estudio, en la zona aledaña a Bahía Blanca. El paisaje corresponde al modelado litoral marino, predomina la depositación y erosión litoral marina y se encuentra parcialmente modificado por la acción fluvial y eólica. El relieve es muy suave, con escasa pendiente. El estuario de Bahía Blanca y las dunas definen esta ecoregión (Pereyra, 2003).

Las Sierras Australes Bonaerenses se ubican en el centro del área de estudio, entre el Océano Atlántico y las lagunas Encadenadas del oeste de Buenos Aires (Lagunas de Carhué, Guaminí, etc.). Constituyen las mayores elevaciones de la provincia de Buenos Aires. Se caracteriza por importantes pendientes hacia el sur y diversos cursos fluviales como por ejemplo el río Sauce Corto, Curamalal, Hinojo, de las Tunas, Pillahuincó, Sauce Grande, Sauce Chico, Napostá, entre otros. Los procesos de remoción en masa y erosión hídrica son importantes en la zona serrana e interserrana (Pereyra, 2003).

La ecoregión Pampa Interserrana se encuentra al este del área de estudio, y su nombre se debe a que se sitúa entre los dos sistemas serranos de la provincia: las Sierras septentrionales y las Sierras Australes. Predomina el proceso fluvial y eólico. El relieve es muy suave y se caracteriza por la presencia de dunas parabólicas y longitudinales, lagunas y depresiones alargadas (Pereyra, 2003).

Las Planicies Poligenéticas de La Pampa se localizan en el noroeste del área de estudio. Constituye un área de transición entre el ambiente pampeano y pedemontano cordillerano. El relieve es suavemente ondulado y son frecuentes las lagunas entre las que se destacan Carhué, Alsina, Epecuén, Puan, Guaminí, entre otras. Hacia el sur se encuentra el relieve pedemontano sur de las Sierras Australes surcado por numerosos cursos fluviales que desembocan en el mar o en la zona de Chasicó, donde se encuentra una gran zona deprimida

asociada a la cuenca del río Colorado, con altura inferior al nivel del mar y cuerpos de agua salobre (Pereyra, 2003).

Por último, las Planicies Estructurales Norpatagónicas se emplazan al sur del área de estudio, entre las Planicies Litorales Pampeanas y las Planicies Poligenéticas de La Pampa. Predominan las planicies estructurales y terrazas fluviales y estructurales debidas a la acción erosiva fluvial. Las planicies de casi nulo relieve se escalonan en relación con los cursos fluviales principales, entre los que se destaca el río Colorado. Resultado de la deflación eólica de los depósitos fluviales, se forman extensos campos de dunas (Pereyra, 2003).

El área de estudio está comprendida en la zona planetaria de climas templados con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados, dominada por los vientos del Oeste (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). Los valores medios de temperatura anual están entre los 14 °C y 20 °C. Durante la estación cálida son frecuentes los registros que llegan a valores extremos y superan los 40 °C en tanto que los inviernos suelen presentar marcadas olas de frío que ocasionan perjuicios a la población y las actividades económicas en general (Campo *et al.*, 2009). Las diferencias climáticas que caracterizan al área de estudio se reflejan en una progresiva aridez que alcanza rasgos netamente patagónicos al sur del río Colorado (Capelli de Steffens y Campo, 1994). Las precipitaciones medias de la región están comprendidas entre 841,7 mm al Este y 380 mm al Oeste. El régimen presenta máximos en primavera y en otoño y mínimos en inviernos. Estas precipitaciones en general son de tipo frontal como consecuencia del encuentro de masas de aire de distintas características.

Los diferentes dominios climáticos de la Argentina son consecuencias del movimiento de masas de aire sobre las grandes unidades morfológicas cuyo distanciamiento, altura y posición determinan matices regionales y locales. A los contrastes que ofrecen estos dominios climáticos se asocian diferentes tipos de climas, que responden a factores geográficos de menor magnitud espacial. El área de estudio presenta tanto climas de *dominio Atlántico* como así también *climas de la Faja Árida*, en ambos casos *templados* (Iglesias de Cuello, 1981).

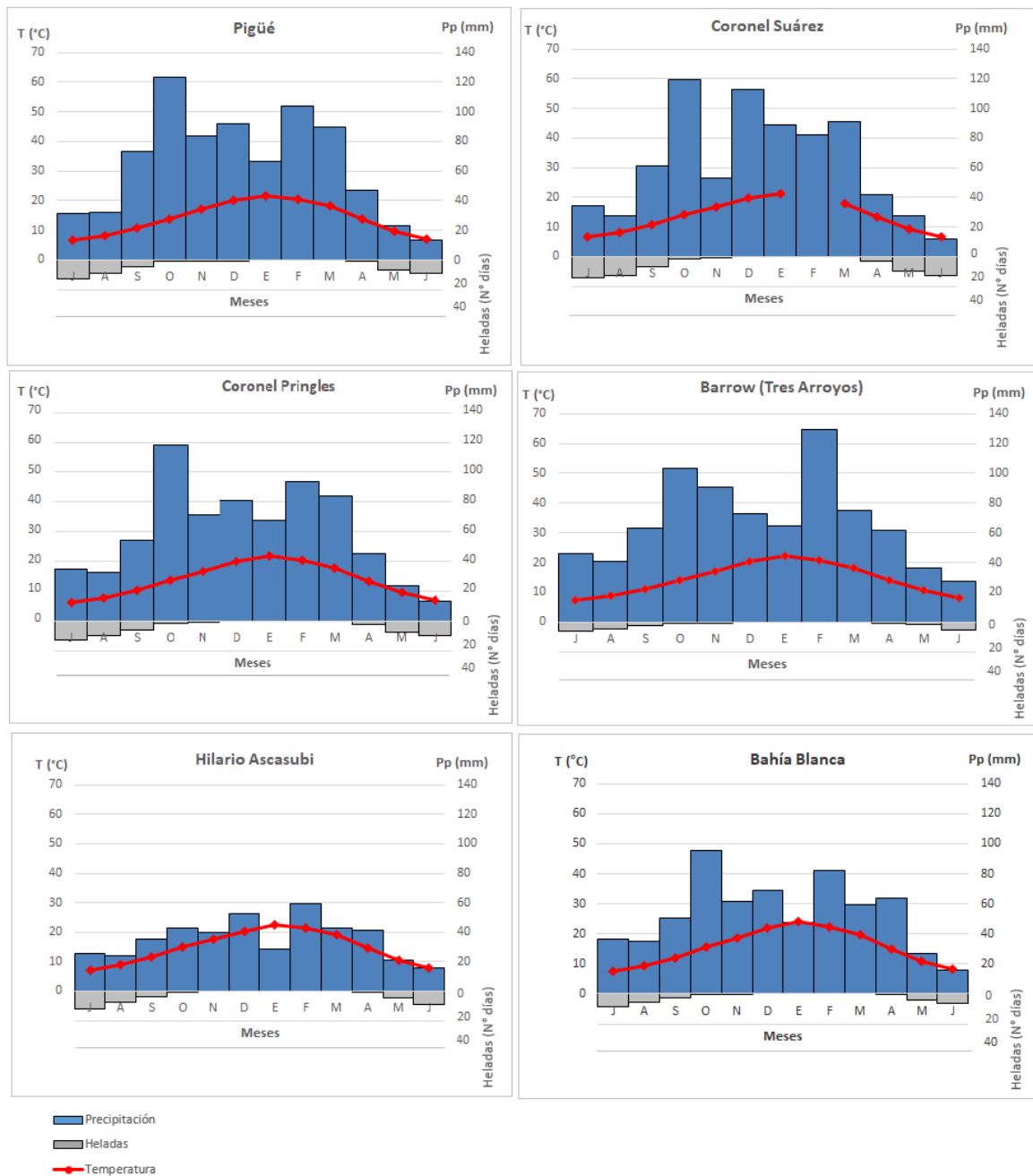
El dominio Atlántico se encuentra ubicado al norte del río Colorado. Su variable comportamiento obedece a que se sitúa en la convergencia periódica de distintas masas de aire: por un lado, masas de origen tropical, cálida y húmeda y por el otro, masas de origen polar, frías y húmedas. La mayor proporción de este dominio es *subhúmedo de llanura*, a excepción del cordón serrano donde el dominio atlántico es *subhúmedo serrano*. El tipo

subhúmedo de llanura se caracteriza por un incremento de la continentalidad y un decrecimiento de la precipitación. Constituye una divisoria entre el clima subhúmedo del este y el semiárido del oeste, marcando el límite de la agricultura de secano. En cambio, el tipo subhúmedo serrano se define por el incremento de las precipitaciones en el faldeo expuesto a los vientos atlánticos (Iglesias de Cuello, 1981).

Por el contrario, el clima de la Faja Árida se localiza en el sector sur del suroeste bonaerense. El sector sur es definido como *semiárido de las planicies*, siendo sus rasgos principales sequedad atmosférica, escasas precipitaciones, altos coeficientes de heliofanía, calor estival y heladas invernales (Iglesias de Cuello, 1981).

Para caracterizar climáticamente el área de estudio se realizaron diagramas ombrotérmicos utilizando las estadísticas climáticas disponibles del período 2001-2010 pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional. Se seleccionaron las estaciones Tres Arroyos, Bahía Blanca, Coronel Pringles, Coronel Suárez, Pigüé e Hilario Ascasubi. Las estaciones que se analizan varían en altura según la topografía de asentamiento: Barrow (Tres Arroyos) a 115 m s.n.m., Bahía Blanca que dista a 10 km del estuario homónimo (a 83 m s.n.m.), Coronel Pringles a 297 m s.n.m, Pigüé en cercanías del cordón serrano a 304 m s.n.m. y la estación Hilario Ascasubi próxima al río Colorado, a 22 m s.n.m. Cabe destacar que la curva de temperatura correspondiente a la estación de Coronel Suárez se encuentra incompleta dado que no está disponible el dato del mes de febrero. Se considera oportuno incluir la estación Barrow (Tres Arroyos) para representar las características de Tres Arroyos como referente del extremo este del área de estudio, puesto que no se contó con amplia base de datos estadísticos para el período 2001-2010 de las estaciones aledañas.

Figura 2

Diagramas ombrotérmicos de estaciones de interés del suroeste bonaerense

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Servicio Meteorológico Nacional.

A partir de los diagramas ombrotérmicos presentados (Fig. 2) se observa que la temperatura en época estival oscila entre 20 y 22 °C mientras que, durante el invierno el promedio es de 8 °C en términos generales. Durante las estaciones de otoño y primavera la temperatura oscila entre 11 y 18 °C en promedio. Sin embargo existen ciertas variaciones según las localidades. Por ejemplo en proximidades del área serrana donde se encuentran emplazadas las estaciones de Pigüé y Coronel Suárez, se presentan inviernos más fríos con un promedio

de 6 °C. También los veranos son más fríos, con una diferencia de 3 °C en promedio en relación al resto del área. En Bahía Blanca los valores de temperatura se incrementan, con un promedio anual de 15 °C y vuelven a disminuir hacia el sur en la estación Hilario Ascasubi.

Con respecto a las heladas, la cantidad de días en las que se manifiestan responde al efecto de la continentalidad ya que cuando aumentan los valores de las amplitudes térmicas también aumentan la cantidad de días con heladas (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). Coronel Suárez presenta el mayor número de días con heladas (61 días) junto con Coronel Pringles (50 días). Por el contrario, el de menor valor es el de Tres Arroyos (21 días) y le sigue Bahía Blanca con 28 días.

Por otra parte, la precipitación media oscila entre 811 mm en Tres Arroyos y 428 mm en Hilario Ascasubi. El menor valor responde a una condición de aridez mientras que el mayor se debe a la influencia de masas de aire atlánticas. De esta manera también puede apreciarse el efecto de la continentalidad en esta variable.

La población total del suroeste bonaerense según el último Censo Nacional de Población y Hogares del año 2010 (Tabla I), fue de 587.635 habitantes, de los cuales el 19,33 % corresponde a población rural (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina, 2010).

Tabla I

Población y superficie de los partidos del suroeste bonaerense

Partidos del Suroeste bonaerense	Población (2010)	Porcentaje población rural	Superficie (km ²)	Densidad de Población (Hab./km ²)
Adolfo Alsina	17072	24,6	5877	2,9
Bahía Blanca	301572	0,5	2247	134,2
Coronel Rosales	62152	27,3	5257	11,8
Coronel Dorrego	15825	6,2	1622	9,8
Coronel Pringles	22933	11,6	5831	3,9
Coronel Suárez	3832	11,4	6006	0,6
Guaminí	11826	38,3	4826	2,5
Monte Hermoso	6499	2,3	209	31,1
Patagones	30207	17,1	13569	2,2

Puan	15743	34,6	6370	2,5
Saavedra	20749	19,7	3541	5,9
Tornquist	12723	32,1	4149	3,1
Villarino	31014	24,1	10099	3,1

Fuente: INDEC, 2010.

Con respecto a las actividades económicas, predominan las actividades agrícolas. El suroeste bonaerense tiene una superficie estimada de 6.500.000 hectáreas, lo que representa un 25 % del territorio de la provincia de Buenos Aires. Se caracteriza por el desarrollo de actividades productivas basadas en la explotación mixta agrícola-ganadera con predominancia de los cultivos de trigo, cebada, girasol, maíz y soja (Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, 2020). El cultivo de olivo posee un área ecológica apta en los partidos de Coronel Rosales, Coronel Dorrego, Bahía Blanca, Villarino y Patagones (Elisei *et al.*, 2007).

El extremo sur de la región está comprendido por los partidos de Villarino y Patagones. Dicha subregión presenta ciertas particularidades que la diferencian del resto. En principio corresponde a un clima semiárido que se manifiesta con mayor intensidad de norte a sur y de este a oeste. El río Colorado atraviesa dicha subregión actuando como límite natural entre ambos partidos, generando una zona de riego que abarca el sur de Villarino y el norte de Patagones, denominado el Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC). La actividad agrícola del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) está sustentada en el riego complementario con agua derivada del río Colorado. Dicha zona tiene como principales cultivos el trigo, el girasol y la cebolla. A su vez, existen otras dos zonas de secano tanto en Villarino como en Patagones. Las actividades más importantes en secano son la ganadería vacuna y el cultivo de trigo (Iurman *et al.*, 2009).

Para afrontar la variabilidad del clima en la región, se creó en el año 2007 el Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense a través de la Ley 13647 (Portal Oficial del Estado argentino, 2020). El plan tiene como fin construir políticas que impulsen sistemas de producción y cadenas de valor, políticas de educación y capacitación, de extensión y transferencia de tecnologías, de financiamiento y orden fiscal (Elisei *et al.*, 2007). A pesar de que el plan constituyó una iniciativa favorable para compensar las desventajas climáticas y productivas de la zona, hasta el momento no se han podido articular soluciones concretas para los productores (La Nueva, 2018).

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

La caracterización climática del área de estudio se realizó a partir de los datos provenientes de las estadísticas del Servicio Meteorológico Nacional. Para el período 2001-2010 se seleccionaron de las siguientes estaciones meteorológicas: Tres Arroyos, Bahía Blanca, Coronel Pringles, Coronel Suárez, Pigüé e Hilario Ascasubi. Para el presente estudio del suroeste bonaerense que se sitúa entre los años 2013 y 2017, se recopilaron datos meteorológicos de la red de monitoreo de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca (BCPBB), bajo convenio específico entre el GGFA (DGyT-UNS) y la BCPBB, y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Las estaciones seleccionadas fueron: Bahía Blanca, Bajo Hondo, Cabildo, Coronel Falcón, Coronel Pringles, Cura Malal, Guaminí, Monte Hermoso, Pigüé y Puan, Aparicio, Bordenave, Coronel Suárez, Hilario Ascasubi, Médanos, Stroeder, Tornquist y Villalonga. También se consultaron los datos de presión atmosférica correspondientes a la localidad de Bahía Blanca, Hilario Ascasubi y Algarrobo. El criterio asignado para seleccionar las estaciones meteorológicas fue la disponibilidad de datos en el período de estudio.

Con respecto a las características demográficas se consultó el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (2010), elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de la República Argentina. En cuanto a la caracterización económica se consultaron las siguientes fuentes: la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca y el Observatorio de Estadísticas Regionales (OER) de la Universidad Provincial del Sudoeste (UPSO) y la Universidad Nacional de Sur (UNS).

Para la determinación de la influencia y relación con las actividades agrícolas de la región se consultaron las siguientes fuentes: trabajos científicos, prensa escrita, revistas de divulgación agropecuaria, asociaciones civiles sin fines de lucro como la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca (BCPBB), así como también, de organismos nacionales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

2.2. Métodos y técnicas

En principio se realizó una caracterización climática del área de estudio a partir del análisis estadístico de los diferentes elementos del tiempo para el período 2001 - 2010 mediante los datos meteorológicos disponibles. Además, se elaboraron diagramas ombrotérmicos que

contribuyen a caracterizar el régimen térmico y pluviométrico, así como también el número de días con heladas.

2.2.1. Determinación de los estados del tiempo

El estudio y análisis de los estados del tiempo, 2013-2017, se planteó considerando el método analítico y el sinóptico como complementarios. Uno facilita la descripción a partir del análisis de datos estadísticos (temperatura, presión, precipitaciones, entre otros) y el otro contribuye a la aplicación, dada su visión integrada del estado momentáneo de la atmósfera (Bruniard, 1992). Se considera importante resaltar que no existe a nivel internacional unificación en cuanto a una metodología de clasificación de los tipos de tiempo, sino que a partir de las características que presenta cada área y los objetivos específicos de estudio, se adopta la que se considera más conveniente.

Para analizar los estados de tiempo típicos en el suroeste bonaerense, se utilizó el método propuesto por Pejenaute Goñi (1990), que consiste en clasificar los estados de tiempo en función del análisis y consideración de tres variables meteorológicas: temperatura, precipitación y presión atmosférica, siendo la temperatura la variable dominante. De esta manera se realiza la clasificación de cinco grandes grupos de tipos de tiempo con cuatro tiempos cada uno.

El autor establece una doble clasificación diaria: una de tipos de tiempo y otra de situaciones atmosféricas. Desde el método analítico se ha identificado cada uno de los días durante cinco años (2013-2017) de acuerdo a tres elementos climáticos: presión, temperatura y precipitación. A partir de su combinación se elabora una clasificación de estados de tiempo típicos del área. Esta categorización permite determinar los porcentajes de frecuencias de cada tipo de estado de tiempo y el predominante.

La presión fue la primera variable climática abordada. Se obtuvo un valor medio a partir de los registros diarios. Se efectuó una doble clasificación: tiempos ciclónicos (C) aquellos cuya presión es inferior a la media y tiempos anticiclónicos (A) cuando es superior.

En cuanto a la segunda variable, la temperatura, el método aplicado considera la máxima temperatura diaria, obteniéndose la siguiente clasificación: días Muy Fríos (MF) menor o igual a 5°C; días Fríos (F) mayores a 5°C y menores que 10°C; días Templados (T) mayor o igual a 10°C y menores o iguales a 15°C; días Cálidos (C) mayores a 15°C y menores o iguales a 25°C y por último los días Muy Cálidos (MC) que corresponden a aquéllos cuyas temperaturas máximas superaron los 25°C.

Finalmente, y según el tercer elemento climático, la precipitación, se dividió en días lluviosos (P) y días secos, según se registren o no precipitaciones.

Como resultado aparecen cinco grandes grupos de tipos de tiempo con cuatro tiempos cada uno:

- Tipos de tiempo muy fríos (MF):

- *Anticiclón muy frío con precipitaciones (AMFP)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura menor o igual a 5°C y precipitaciones.

- *Anticiclón muy frío sin precipitaciones (AMF)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura menor o igual a 5°C y sin precipitaciones.

- *Ciclón muy frío con precipitaciones (CMFP)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura menor o igual a 5°C y precipitaciones.

- *Ciclón muy frío sin precipitaciones (CMF)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura menor o igual a 5°C y sin precipitaciones.

- Tipos de tiempo fríos (F):

- *Anticiclón frío con precipitaciones (AFP)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura mayor a 5°C y menor que 10°C y precipitaciones.

- *Anticiclón frío sin precipitaciones (AF)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura mayor a 5°C y menor que 10°C y sin precipitaciones.

- *Ciclón frío con precipitaciones (CFP)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor a 5°C y menor que 10°C y precipitaciones.

- *Ciclón frío sin precipitaciones (CF)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor a 5°C y menor que 10°C y sin precipitaciones.

- Tipos de tiempo Templados (T):

- *Anticiclón templado con precipitaciones (ATP)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura mayor o igual a 10°C y menor o igual a 15°C y precipitaciones.

- *Anticiclón templado sin precipitaciones (AT)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura mayor o igual a 10°C y menor o igual a 15°C y sin precipitaciones.

- *Ciclón templado con precipitaciones (CTP)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor o igual a 10°C y menor o igual a 15°C y precipitaciones.

- *Ciclón templado sin precipitaciones (CT)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor o igual a 10°C y menor o igual a 15°C y sin precipitaciones.

- Tipos de tiempo Cálidos (C):

- *Anticiclón cálido con precipitaciones (ACP)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura mayor a 15°C y menor o igual a 25°C y precipitaciones.

- *Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura mayor a 15°C y menor o igual a 25°C y sin precipitaciones.

- *Ciclón cálido con precipitaciones (CCP)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor a 15°C y menor o igual a 25°C y precipitaciones.

- *Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor a 15°C y menor o igual a 25°C y sin precipitaciones.

- Tipos de tiempo Muy Cálidos (MC):

- *Anticiclón muy cálido con precipitaciones (AMCP)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura máxima superior a los 25°C y precipitaciones.

- *Anticiclón muy cálido sin precipitaciones (AMC)*: estado de tiempo con presión atmosférica superior a la media, temperatura máxima superior a los 25°C y sin precipitaciones.

- *Ciclón muy cálido con precipitaciones (CMCP)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura máxima superior a los 25°C y precipitaciones.

- *Ciclón muy cálido sin precipitaciones (CMC)*: estado de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura máxima superior a los 25°C y sin precipitaciones.

2.2.2. Caracterización de heladas

Dada la complejidad que requiere el análisis de cada proceso y el objetivo de esta investigación, se consideraron sólo las heladas agrometeorológicas, como fenómeno extremo que afecta al área de estudio. En principio se comparó el número medio de días con heladas de las estadísticas climáticas del Servicio Meteorológico Nacional, respecto del período 2013-2017. Para identificar el número de heladas durante el período de estudio, se

analizaron estadísticamente los datos correspondientes a las temperaturas mínimas diarias del conjunto de estaciones previamente seleccionadas. El procedimiento consistió en establecer el total de días con heladas de cada mes y de cada año. Se calculó un promedio anual de cada estación meteorológica para el período 2013-2017 y se graficaron los resultados espacialmente mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se utilizó el método interpolación Distancia Inversa Ponderada (IDW), que consiste en estimar los puntos desconocidos mediante un cálculo del valor a partir de la distancia que existe entre el mismo y los datos conocidos. Según Picone y Campo (2010) y Fusé *et al.* (2018) el método IDW presenta mejor distribución espacial de las variables con respecto a los métodos Kriging e Interpolación Polinomial Lineal (LPI).

Para profundizar el análisis, se realizó un promedio mensual de días con heladas cuyos resultados se representaron tanto en un gráfico de barras como así también de forma espacial con el Sistema de Información Geográfica (SIG). También se calculó el período con heladas, utilizando las mismas técnicas. Con respecto a la intensidad de las mismas, se llevó a cabo una caracterización utilizando la temperatura más baja registrada en el año, variable denominada temperatura mínima anual (Tma) medida a 1,5 m en el abrigo meteorológico. Se graficaron los valores mínimos absolutos registrados en el período 2013-2017 para cada estación meteorológica. También se realizó cartografía representativa de la Fecha de la Primera Helada promedio (FPH) y de la Fecha de la Última Helada promedio (FUH), registrada en cada estación meteorológica para el período de estudio. Dichos resultados se graficaron con un Sistema de Información Geográfica (SIG).

2.2.3. Determinación de relación entre estados de tiempo y heladas

Una vez efectuado el análisis y clasificación estándar de los estados de tiempo típicos y las heladas agrometeorológicas, se procedió a identificar los estados de tiempo asociados al fenómeno de heladas mediante procedimientos estadísticos. Asimismo, se analizó la frecuencia anual de los estados de tiempo con el que se generan las heladas. Paralelamente, se analizaron las cartas del tiempo del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a las fechas de ocurrencias de las mismas, con una frecuencia de 6 horas, lo cual permitió complementar el análisis sinóptico.

2.2.4. Afectación de las heladas en las actividades agrícolas. Perspectivas cualitativas

Para determinar la afectación de las heladas en las actividades agrícolas en primer lugar se caracterizaron las mismas distinguiendo los principales cultivos, rendimientos promedio y

fechas de siembra y cosecha. Para ello se utilizaron los datos del Observatorio de Estadísticas Regionales (OER) de la Universidad Provincial del Sudoeste (UPSO) y la Universidad Nacional de Sur (UNS), cuya fuente es el Ministerio de Agroindustria de la Nación. Se promedió el rendimiento de cada campaña comprendida entre 2012/2013 y 2017/2018, para cada partido del suroeste bonaerense y para los cinco cultivos representativos del área.

Luego, utilizando diversas fuentes (prensa escrita, revistas de divulgación agropecuaria, trabajos científicos, Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, entre otros) se cotejó la afectación de las heladas tempranas y tardías en los diferentes cultivos de la región y se complementó con el análisis de la carta de tiempo de la fecha, determinando así el origen de la misma.

Por último, se llevó a cabo una encuesta con el fin de conocer y profundizar la percepción de los productores del suroeste bonaerense acerca del tema de estudio. La encuesta contó con 9 preguntas en total (Ver anexo). Se incluyeron preguntas abiertas y preguntas cerradas de elección única, múltiple y escalar.

A partir de los resultados de la encuesta, el análisis de datos estadísticos, cartas del tiempo, revisión de bibliografía y prensa escrita, entre otros, fue posible abordar la temática desde múltiples enfoques gracias a la multiplicidad de fuentes. De esta manera se realizaron conclusiones al respecto.

3. ESTADOS DE TIEMPO TÍPICOS DEL SUROESTE BONAERENSE

En el presente capítulo se realiza una caracterización climática del área de estudio a partir del análisis estadístico de los diferentes elementos del tiempo para el período 2013-2017. Asimismo, se identifican y analizan los estados de tiempo típicos en el suroeste bonaerense.

3.1. Caracterización climática del suroeste bonaerense

En el ámbito de esta investigación y a los fines propuestos, se realizó la caracterización de los elementos del tiempo en el suroeste bonaerense para el período de estudio (2013-2017) se presenta a continuación (Tabla II).

Tabla II

Valores medios de los elementos del tiempo en el suroeste bonaerense (2013-2017)

Estaciones Meteorológicas	Temp. Media (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Precipitación (mm)	Humedad Media (%)	Velocidad del viento (km/h)
Aparicio	16,4	24,5	9,7	477,1	70,4	S/D completos
Bahía Blanca	16,3	16,4	16,1	394,0	54,8	S/D completos
Bajo Hondo	15,8	24,3	9,8	594,5	27,8	S/D completos
Bordenave	15,8	22,4	8,5	867,6	69,4	9,5
Cabildo	15,8	22,2	9,5	843,2	50,8	S/D completos
Cnel. Falcón	15,0	22,0	8,8	774,1	54,3	S/D completos
Cnel. Pringles	14,5	22,9	8,7	731,1	61,4	12,6
Cnel. Suárez	15,5	22,8	9,1	464,4	70,4	S/D completos
Cura Malal	13,9	20,5	7,5	898,6	63,4	S/D completos
Guaminí	17,0	24,2	10,7	835,1	81,0	S/D completos
Hilario Ascasubi	15,7	22,0	8,9	S/D completos	0,0	9,6
Médanos	16,2	24,4	9,1	282,1	68,4	S/D completos
Monte Hermoso	15,7	22,0	9,6	563,7	59,1	S/D completos

Pigüé	14,6	21,2	8,3	878,4	74,9	S/D completos
Puan	14,6	21,1	8,6	866,9	67,8	S/D completos
Stroeder	15,0	23,4	8,0	184,4	69,6	S/D completos
Tornquist	17,5	24,3	10,9	S/D completos	66,1	S/D completos
Villalonga	15,3	23,4	8,2	S/D completos	69,4	S/D completos

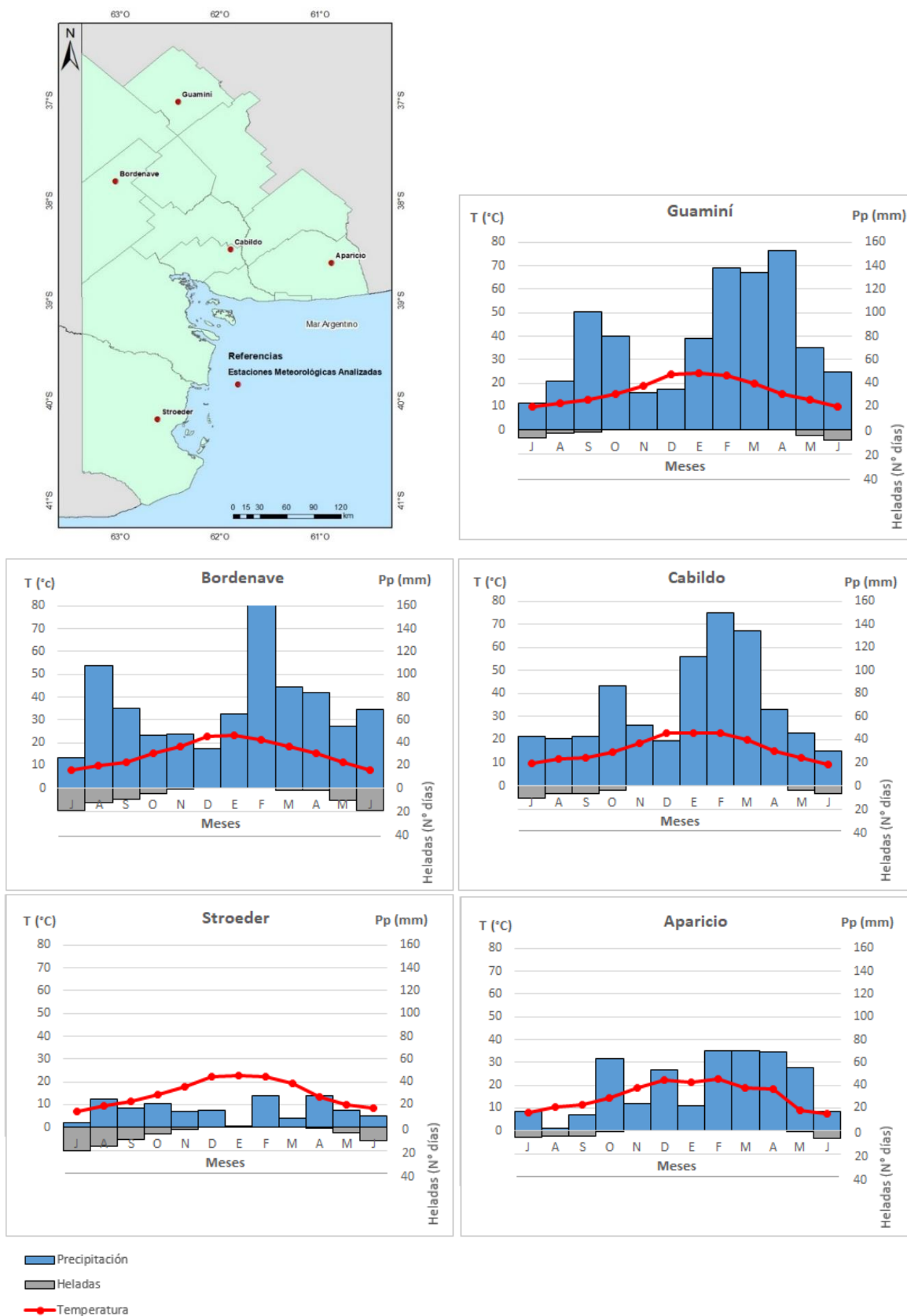
Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

La temperatura promedio del aire fue de 15,6 °C durante el período 2013-2017 con valores superiores en Tornquist, Guaminí, Aparicio, Bahía Blanca, Médanos, Bajo Hondo, Bordenave, Cabildo, Monte Hermoso e Hilario Ascasubi. Con respecto a la temperatura máxima el promedio fue de 22,4 °C siendo superior sólo en algunas de las estaciones meteorológicas como por ejemplo Guaminí, Médanos y Tornquist, entre otros. La temperatura mínima promedio durante el período 2013-2017 fue de 9,4 °C siendo Cura Malal y Stroeder las estaciones con menor promedio registrado (7,5 y 8 °C respectivamente). Con respecto a la precipitación, existen grandes variaciones dentro del área, en la cual Cura Malal representa el mayor valor con 898,6 mm y Stroeder con el menor (184,4 mm). Con respecto a la variable viento, cabe destacar que la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca no posee datos acerca de la dirección. Asimismo, no se encontraron series de datos completas en la mayoría de las estaciones meteorológicas para analizar la velocidad del viento. Con respecto a la humedad, los valores más altos se encuentran en Guaminí, Aparicio y Coronel Suárez.

El análisis de las estadísticas y los diagramas ombrotérmicos elaborados permiten observar los regímenes térmicos y pluviométricos que caracterizan al suroeste bonaerense. Las estaciones meteorológicas seleccionadas (Fig. 3) corresponden a cada punto extremo del área de estudio y a modo de muestra, una localidad central: Guaminí (norte), Bordenave (este), Cabildo (centro), Stroeder (sur) y Aparicio (oeste).

Figura 3

Diagramas ombrotérmicos para el suroeste bonaerense (2013-2017)



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

Guaminí se encuentra ubicada al norte del área de estudio (Fig. 3). En el período 2013-2017 la temperatura media anual fue de 16,5 °C, siendo la temperatura media del mes más cálido (enero) de 24,4 °C y la de los meses más fríos (junio y julio) de 10 °C. En relación a las heladas, Guaminí presenta 25 días con heladas por año. Respecto a los valores anuales de precipitación, la media de Guaminí en el período 2013-2017 fue de 835,1 mm. En el diagrama ombrotérmico de Guaminí observamos la existencia de dos períodos máximos de precipitación: uno principal en febrero, marzo y abril (138, 133 y 152 mm respectivamente) y otro secundario en septiembre (100 mm), es decir en otoño y primavera. Por el contrario, el mes más seco fue en invierno (julio, 22 mm).

Bordenave se encuentra ubicada al oeste del área de estudio (Fig. 3). En el período 2013-2017 la temperatura media anual fue de 15,3 °C, siendo la temperatura media del mes más cálido (enero) de 23,2 °C y la del mes más frío (julio) de 8 °C. En relación a las heladas, el valor de días con heladas es de 80. Respecto a los valores anuales de precipitación, la media de Bordenave en el período 2013-2017 fue 867,8 mm. En el diagrama ombrotérmico de Bordenave también se replica la tendencia previamente observada en las estaciones, en la cual existen dos máximos de precipitación: uno principal en febrero con 172 mm y otro secundario en agosto con 107 mm. Por otro lado, el mes más seco fue en invierno (julio, 26 mm).

Cabildo se encuentra emplazada en el sector centro del área de estudio (Fig. 3). En el período 2013-2017 la temperatura media anual fue de 16 °C mientras que la precipitación promedio fue de 843,2 mm. Con respecto a las heladas, la localidad presenta 38 días con heladas por año durante el período 2013-2017.

Stroeder se encuentra ubicada al sur del área de estudio (Fig. 3). En el período 2013-2017 la temperatura media anual fue de 14,9 °C, siendo la temperatura media del mes más cálido (enero) de 22,7 °C y la del mes más frío (julio) de 7,1 °C. En relación a las heladas, el promedio de días con heladas es de 73 por año. Respecto a los valores anuales de precipitación, la media de Stroeder en el período 2013-2017 fue 184,4 mm. En el diagrama ombrotérmico de Stroeder observamos la existencia de dos máximos de precipitación: uno principal en febrero y abril con 28 y 27,9 mm respectivamente y otro secundario en agosto (24,8 mm). Por el contrario, el mes más seco fue en enero con 0,25 mm.

Aparicio se encuentra ubicada al este del área de estudio (Fig. 3). En el período 2013-2017 la temperatura media anual fue de 15,2 °C, siendo la temperatura media del mes más cálido

(febrero) de 22,7 °C y la del mes más frío (junio) de 7,3 °C. En relación a las heladas, se presentan 23 días con heladas por año. Respecto a los valores anuales de precipitación, la media de Aparicio en el período 2013-2017 fue 477 mm. En el diagrama ombrotérmico de Aparicio se observa al igual que en las restantes estaciones, dos máximos de precipitación: uno principal entre marzo y abril con 69 mm aproximadamente y otro secundario en octubre con 63 mm. El mes más seco fue agosto con apenas 2 mm.

La temperatura promedio del suroeste bonaerense fue de 15,6 °C, siendo Stroeder el de menor valor (14,9 °C) y Guaminí el de mayor (16,5 °C). En relación a las heladas el suroeste presenta una gran variación entre las estaciones. El promedio de días con heladas entre las estaciones analizadas fue de 47. Aparicio registró la menor cantidad (25 días con heladas) mientras que Bordenave fue la que mayor cantidad tuvo (80 días con heladas). Con respecto a las precipitaciones, el valor promedio fue de 641,5 mm sin embargo al igual que el resto de los parámetros analizados se presentaron variaciones entre las estaciones. Bordenave fue la de mayor precipitación con 867,8 mm y Stroeder la menor, con 184,4 mm.

3.2. Los estados de tiempo típicos del suroeste bonaerense

Según la metodología de Pejenaute Goñi (1990) se establecieron los estados de tiempo típicos del suroeste bonaerense (Tabla III) considerando el estado de tiempo más frecuente para cada estación meteorológica durante el período 2013-2017. A su vez, los resultados fueron graficados en pos de facilitar una regionalización en el área de estudio (Fig. 4).

Tabla III

Estados de tiempo típicos más frecuentes para localidades de interés del suroeste bonaerense (2013-2017)

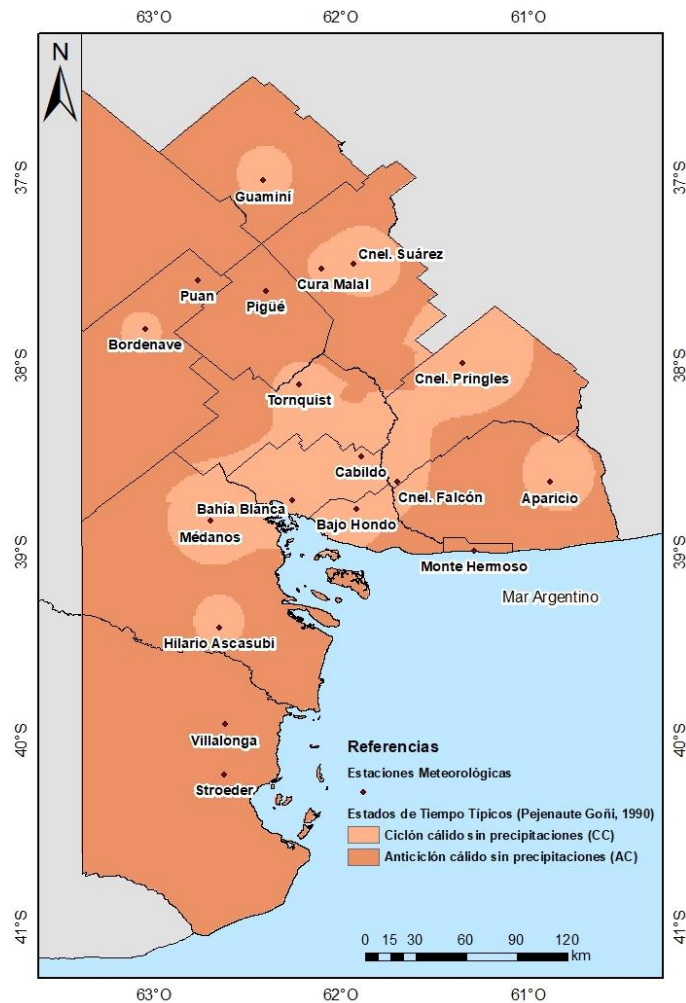
Estaciones Meteorológicas	Estados de tiempo típicos según Pejenaute Goñi (1990)
Aparicio	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Bahía Blanca	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Bajo Hondo	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Bordenave	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Cabildo	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)

Coronel Falcón	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Coronel Pringles	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Coronel Suárez	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Cura Malal	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Guaminí	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Hilario Ascasubi	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Médanos	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Monte Hermoso	Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)
Pigüé	Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)
Puan	Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)
Stroeder	Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)
Tornquist	Ciclón cálido sin precipitaciones (CC)
Villalonga	Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

Figura 4

Distribución espacial de estados de tiempo típicos más frecuentes en el suroeste bonaerense (2013-2017)



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

El estado de tiempo predominante en el suroeste bonaerense es el Ciclón cálido sin precipitaciones (CC). Es decir, el estado predominante de la atmósfera en el área de estudio es una situación atmosférica con presión inferior a la media, temperatura entre 15 °C y 25 °C y sin precipitaciones. En segundo orden de relevancia se encuentra el Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC) lo cual implica condiciones similares al nombrado anteriormente, a excepción de la presión.

3.2.1. Los tipos de tiempo muy fríos (MF)

Con respecto al análisis de los diferentes tipos de tiempo en el suroeste bonaerense, los mismos se abordaron de manera porcentual para el período 2013-2017 con el fin de realizar un análisis regional. En general la presencia de estados de tiempo muy frío es muy escasa en

el suroeste bonaerense dadas las características térmicas de la región, que deriva de su posición latitudinal y la ausencia de relieves de gran altitud. Los estados más frecuentes dentro de los tipos de tiempo muy fríos, aunque en proporción general fueron realmente bajos, son el Anticiclón muy frío sin precipitaciones (AMF) y el Ciclón muy frío sin precipitaciones (CMF). Con porcentajes que oscilan entre 2 % y 4 % las localidades más destacadas son Villalonga, Stroeder, Hilario Ascasubi y Médanos; situadas en la faja árida. También se destacan Tornquist y Pigüé, localidades cercanas al Sistema de Ventania cuya altura media oscila entre 900 y 1000 metros sobre el nivel del mar.

3.2.2. Los tipos de tiempo fríos (F)

Los tiempos fríos son más frecuentes que los muy fríos en el área. No existen grandes variaciones en la distribución del tiempo frío ya que en general todas las estaciones relevadas presentan resultados similares. Los porcentajes oscilan entre 3 % y 20 % y los tiempos más frecuentes son el Anticiclón frío sin precipitaciones (AF) y el Ciclón frío sin precipitaciones (CF). Los porcentajes más bajos corresponden al sector este del área de estudio, por ejemplo Aparicio con 3,7 % y al sector más septentrional como por ejemplo Bordenave con 9,4 %. Los porcentajes cercanos al 20 % corresponden al sector centro y sur, destacándose Villalonga con 18,2 % y Stroeder con 17,5 %.

3.2.3. Los tipos de tiempo templados (T)

El tipo de tiempo templado más frecuente es el Ciclón Templado sin precipitaciones (CT) con un promedio general del 15 % en el área de estudio, aunque en sectores más meridionales alcanza valores mayores que oscilan entre el 20 %, por ejemplo en Hilario Ascasubi, y el 28 % como en Bahía Blanca. Otro estado de tiempo frecuente es el Anticiclón templado sin precipitaciones (AT) con registros de entre 5 % y 18 %. En cuanto a la distribución estacional, los tiempos templados se manifiestan durante todo el año. La frecuencia de los mismos responde al clima de la región, que se encuentra emplazada en la zona planetaria de los climas templados.

3.2.4. Los tipos de tiempo cálidos (C)

Los tipos de tiempo cálidos son los más frecuentes en el suroeste bonaerense. Dentro de los cálidos, el 72 % del área de estudio presenta un estado de tiempo de tipo Ciclón cálido sin precipitaciones (CC) y el 28 % restante Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC). Las localidades que registraron estados de tiempo anticiclónico cálido fueron Monte Hermoso, Pigüé, Puan, Stroeder y Villalonga. En cuanto a la distribución estacional, los tiempos

cálidos son frecuentes en el área de estudio durante los meses de primavera y verano donde la temperatura oscila entre los 20 y 25 °C. En menor medida, también se presentan en otoño.

3.2.5. Los tipos de tiempo muy cálidos (MC)

Los tiempos muy cálidos se manifiestan en el suroeste bonaerense en época estival y primaveral en menor medida. Dentro de los tipos de tiempo muy cálidos se distingue el Ciclón muy cálido sin precipitaciones (CMC). Su porcentaje oscila entre 3 % y 38 %, siendo el sector centro y norte el de mayor proporción, por ejemplo Coronel Suárez con 37 % y Bordenave con 17 %. Mientras que el sector sur y este registra valores cercanos al 3 % como el caso de Villalonga, Stroeder, Aparicio y Monte Hermoso. Si se analiza la distribución estacional, su preponderancia ocurre en verano donde el suroeste bonaerense registra temperaturas máximas superiores a 25 °C.

3.2.6. Síntesis

A partir del análisis realizado se observa que el área de estudio presenta un dominio de estados de tiempo cálidos y templados, asociados a temperaturas máximas que oscilan entre 10 y 25 °C. El análisis de la variable precipitación por su parte permitió reconocer que a pesar de que el área de estudio se encuentra emplazada entre las isohietas 800 y 400 (descendiendo de noreste a suroeste) los estados de tiempo predominantes fueron sin precipitaciones. En cuanto a la presión, se observó la predominancia de días con situación ciclónica. El área de estudio presenta ciertas variaciones en los parámetros analizados debido a factores tales como la continentalidad, exposición a los flujos de aire dominantes, orientación de la costa y corrientes oceánicas (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). El estudio de los estados del tiempo permitió caracterizar las condiciones sinópticas para el período 2013-2017 que resulta de vital importancia para analizar las heladas y su injerencia en las actividades agrícolas de la región.

4. LAS HELADAS EN EL SUROESTE BONAERENSE

La variabilidad en las condiciones del tiempo es una característica fundamental en el área de estudio y se observa en todas las estaciones del año. Las heladas son un fenómeno recurrente sin embargo su ocurrencia fuera de la época invernal provoca perjuicios a las actividades agrícolas del suroeste bonaerense por lo que resulta fundamental su estudio.

En el presente análisis se considera sólo la *helada agrometeorológica*, definida como toda temperatura mínima igual o menor a 3 °C ambas medidas en abrigo meteorológico (Fernández Long *et al.*, 2016), con el fin de vincular las heladas con la actividad agrícola de la región. En este capítulo se realiza un análisis de las heladas en el suroeste bonaerense para el período 2013-2017 basándose en el estudio de su distribución espacial anual, distribución mensual, periodización, intensidad y tipología según época de ocurrencia. Cabe destacar que la estación meteorológica de Bahía Blanca se encuentra localizada en una zona céntrica, por lo cual no se incorpora en el presente análisis dado que el registro de heladas no es representativo.

4.1. Análisis estadístico comparativo entre 2013-2017 y la situación climática normal

Con el fin de comparar el período de estudio con la situación climática normal se realiza un análisis comparativo entre las estaciones meteorológicas disponibles del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla IV). La variable seleccionada fue el número medio de días con heladas. Resulta oportuno destacar que la estación meteorológica de Bahía Blanca correspondiente al período 2013-2017 se encuentra localizada en una zona céntrica, por lo cual no se incorpora en el presente análisis dado que el registro de heladas no es representativo.

Tabla IV

Análisis comparativo del número medio de días con heladas del suroeste bonaerense

Estación Meteorológica	Período 2001-2010	Período 2013-2017
Coronel Pringles	50.5	67.4
Coronel Suárez	61.3	32.8* ¹
Hilario Ascasubi	37.9	35.2
Pigüé	45.4	45.6

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del SMN, INTA y BCPBB.

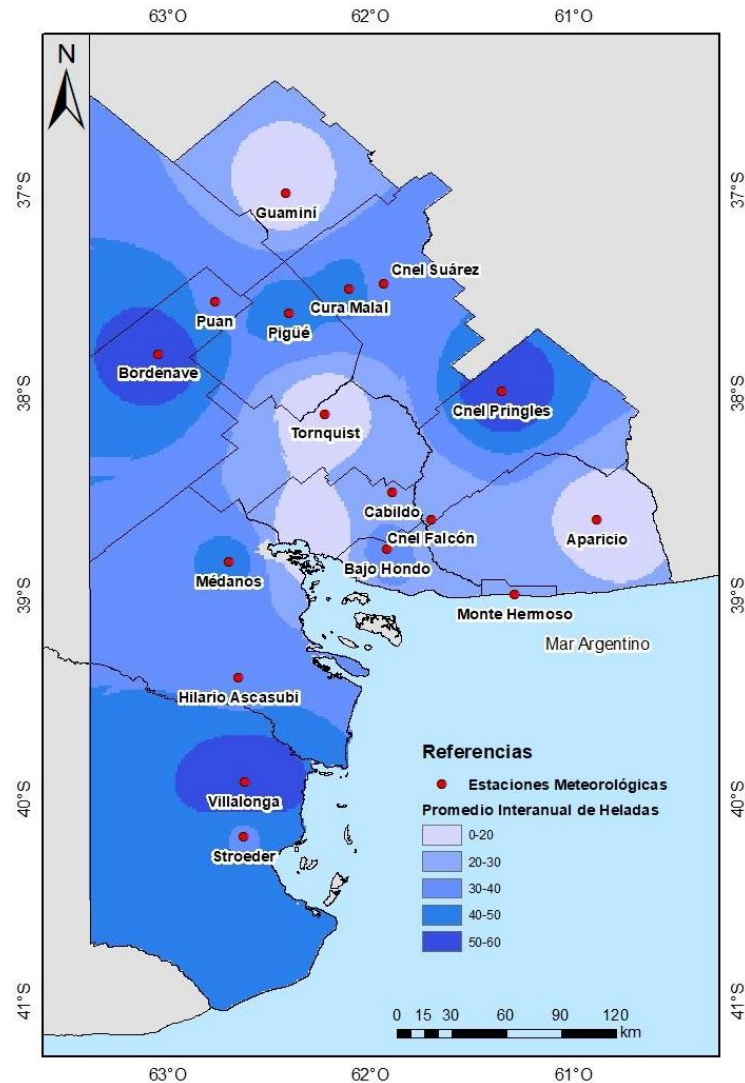
¹ Serie incompleta.

A partir del análisis realizado se evidencia que en el período 2013-2017 las heladas fueron levemente más frecuentes, respecto a la situación climática normal del área. El caso más notorio es el de la estación de Coronel Pringles, donde las heladas aumentaron un 25 %. Las estaciones de Hilario Ascasubi y Pigüé mostraron un comportamiento similar mientras que en Coronel Suárez registró menor cantidad de heladas.

4.2. Distribución espacial de heladas anuales

El comportamiento de las heladas agrometeorológicas en el área de estudio se analizó, en primera instancia, con la aplicación de un promedio interanual de días con heladas para cada una de las estaciones meteorológicas durante el período 2013-2017 (Fig. 5). Como resultado, las localidades más afectadas del período analizado fueron las localidades de Villalonga, Coronel Pringles y Bordenave, con un promedio de entre 65 y 69 días con heladas por año. En cambio, las localidades costeras resultaron menos afectadas ya que registraron un promedio de entre 1 y 30 heladas por año. Las restantes estaciones meteorológicas, registraron entre 20 y 50 heladas por año.

Figura 5

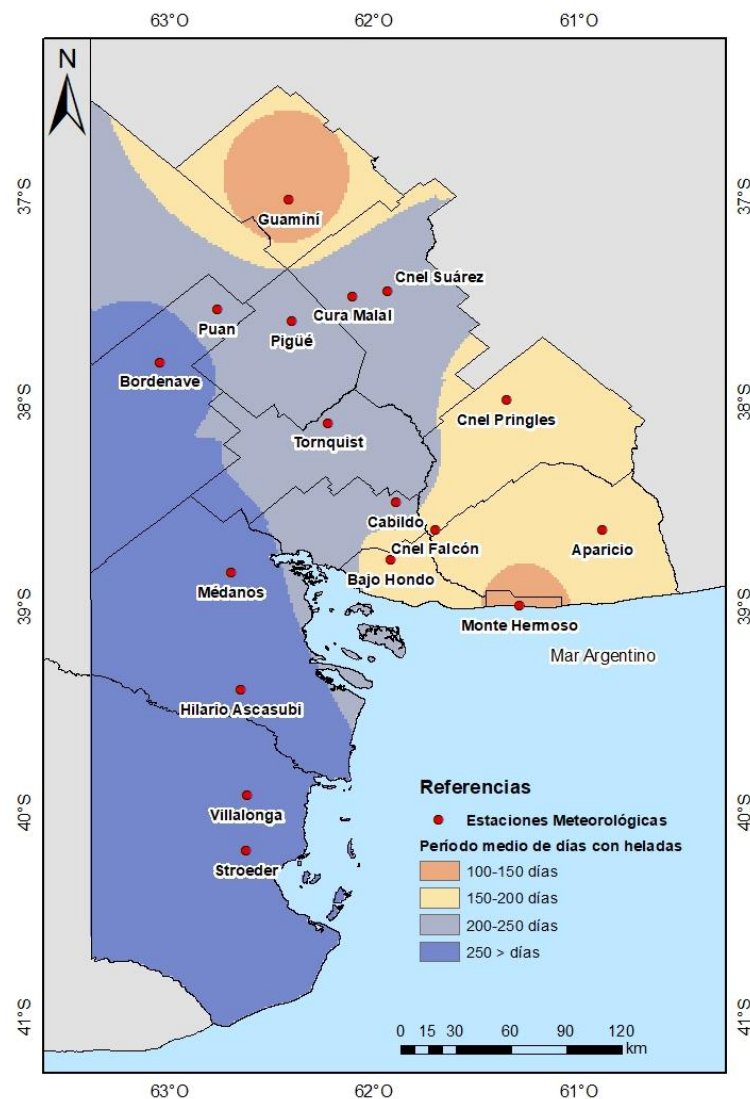
Heladas anuales medias en el suroeste bonaerense (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

4.3. Período con heladas

El *período con heladas* (PER) se define como el número de días que existe entre la primera y la última helada de un año determinado. Esta variable es de vital importancia para la planificación de actividades agrícolas en el área de estudio (Fig. 6).

Figura 6

Período medio de días con heladas en el suroeste bonaerense (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

A partir del análisis del mapa se deduce que el período con heladas aumenta significativamente de este a oeste. El menor número de días entre la primera y la última helada corresponde al sector este y norte del área de estudio. Se distinguen el partido de Guaminí y Monte Hermoso con entre 100 y 150 días y los partidos de Coronel Pringles, Coronel Dorrego y Coronel Rosales con un período entre 150 y 200 días. En mayor magnitud, se distingue el centro del área de estudio (Coronel Suárez, Cura Malal, Puan, Pigüé, Tornquist y Cabildo) por su afectación por heladas entre 200 y 250 días al año. Finalmente, el sur del área de estudio presenta gran parte del año con heladas agrometeorológicas. Se destacan la estación meteorológica de Bordenave (partido de Puan)

y los partidos de Villarino y Patagones, con más de 250 días con heladas. De esta manera, el análisis del período con heladas pone en evidencia la importancia del análisis de las mismas para conocer el período térmico favorable para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. A continuación, se sigue ahondando en el estudio de las heladas y enfatizando en aspectos que puedan condicionar o en el peor de los casos perjudicar a los productores agrícolas de la región.

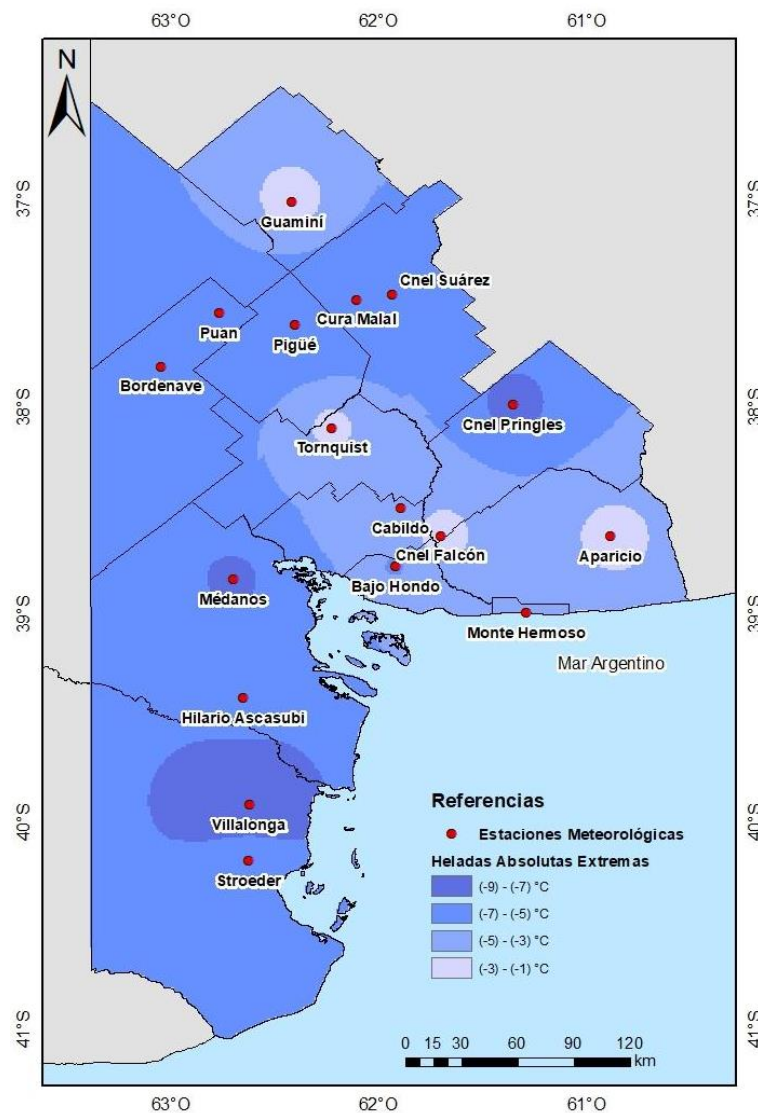
4.4. Intensidad de las heladas

En el régimen de heladas invernales, la intensidad es el parámetro más importante de todos ya que la resistencia al frío durante la estación es muy estable en cada especie vegetal. En Argentina, las heladas invernales, en oposición a lo que ocurre con las primaverales y otoñales, son de escasa peligrosidad, ya que las intensidades de las temperaturas extremas alcanzadas se encuentran muy por encima de los niveles críticos de resistencia de la mayoría de los cultivos de ciclo invernal, permitiendo que sea ésta una estación productiva para actividad agropecuaria (Murphy y Hurtado, 2013).

Para determinar la magnitud de las heladas, se utilizó la temperatura mínima absoluta (Tabs), definida como la temperatura más baja que se registra a lo largo de un año determinado. La intensidad de las heladas agrometeorológicas se ha definido mediante el análisis de los valores absolutos más extremos registrados para cada estación meteorológica en el período 2013-2017 (Fig. 7).

De esta manera, se reconoce que los valores más extremos de la región se registraron en las localidades de Villalonga (-9,3 °C), Coronel Pringles (-7,7 °C), Médanos (-7,3 °C) y Bordenave (-7 °C). Sin embargo, las estaciones de Pigüé (-7 °C), Hilario Ascasubi, Cura Malal (-6,6 °C), Coronel Suárez (-6,3 °C), Puan (-6 °C) y Stroeder (-5,8 °C) también registraron valores extremadamente bajos. En cuanto al resto de las estaciones meteorológicas, si bien presentaron valores por debajo de 0 °C, su intensidad ha sido menor en relación a las previamente mencionadas.

Figura 7

Intensidad de las heladas en el suroeste bonaerense (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

4.5. Heladas Tempranas y Tardías

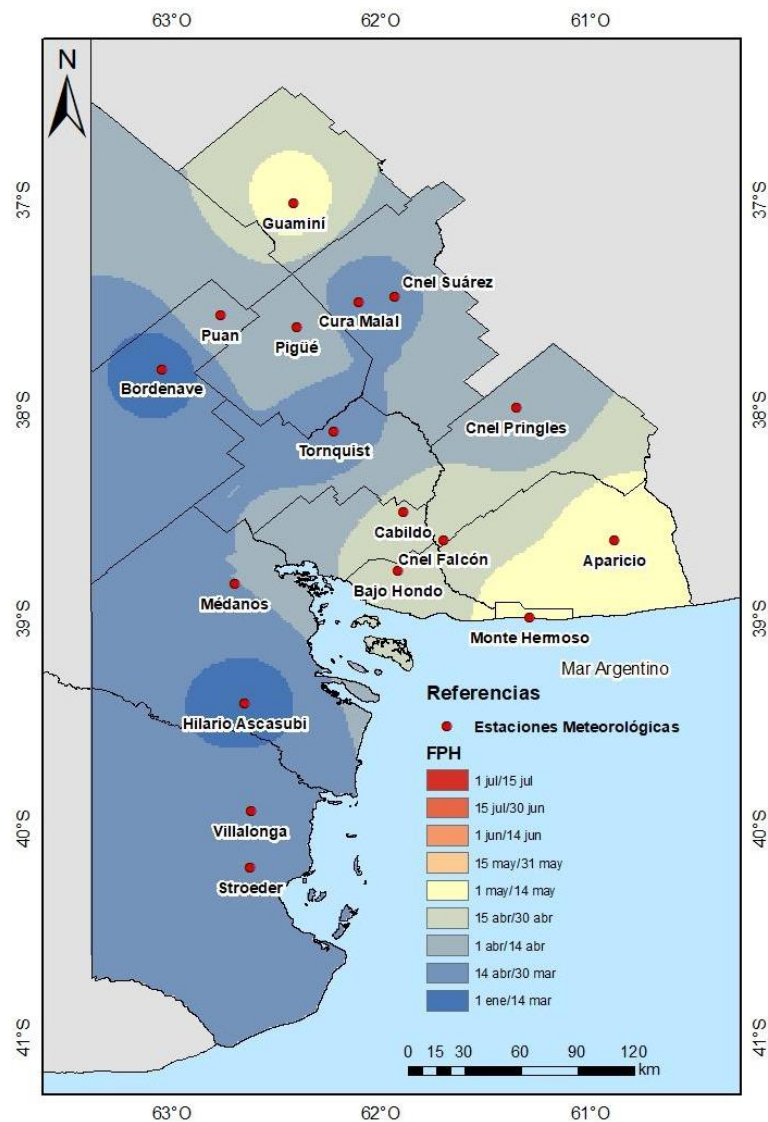
Las heladas tempranas y tardías revisten gran importancia para la actividad agrícola. Las *heladas tempranas* son aquellas que ocurren a comienzos del otoño mientras que las que se producen a fines de primavera se denominan *heladas tardías* (García *et al.*, 2015). Con el fin de conocer esta temporalidad es que se utilizan los parámetros: fecha de la primera helada y de la última. El conocimiento de las fechas medias de primeras y últimas heladas es indispensable en problemas referentes a la planificación del uso de la tierra, selección de cultivos y principalmente para la determinación del calendario agrícola (Murphy y Hurtado,

2013). Se considera primera helada o helada temprana a aquella ocurrida entre el 1 de enero y el 30 de mayo. Por otra parte, se considera última helada o helada tardía a aquella que ocurre en el período comprendido entre el 1 de septiembre y el 31 de diciembre (Straschnoy *et al.*, 2006).

El parámetro fundamental en las heladas otoñales (heladas tempranas) y primaverales (o heladas tardías) es la fecha de ocurrencia. Esto se debe a que pequeñas diferencias de la ocurrencia de una misma temperatura puede sorprender a las plantas en momentos de mayor o menor sensibilidad y por lo tanto ocasionar daños de muy diferente magnitud. La floración y el brote de las plantas perennes, así como también el nacimiento de las plantas anuales en primavera, representan los estados fenológicos de gran sensibilidad al frío por lo tanto si ocurriera una helada en dichos períodos ocasionaría graves daños. Cuanto más tarde se producen, mayor peligrosidad de heladas. De igual forma, las heladas tempranas interrumpen la maduración de los frutos, ramas o yemas de las que depende la producción anual, por lo tanto también son perjudiciales (Murphy y Hurtado, 2013).

Siguiendo el modelo elaborado por el Centro de Información Agroclimática (2013) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, se elaboró cartografía de la Fecha de la Primer Helada (FPH) y de la Fecha de la Última Helada (FUH) correspondiente al área de estudio. De acuerdo a esta clasificación en el área de estudio, las heladas tempranas (Fig. 8) se manifestaron en toda la región, afectando en mayor medida al sector oeste donde se encuentran las localidades más continentales. A modo de ejemplo es posible mencionar a algunas de las estaciones que registraron heladas tempranas. Entre el 1 de enero y el 14 de marzo: Hilario Ascasubi, Bordenave, Tornquist, Coronel Suárez y Cura Malal; entre el 30 de marzo y el 14 de abril: Stroeder, Villalonga, Puan, Pigüé, Coronel Pringles y Médanos.

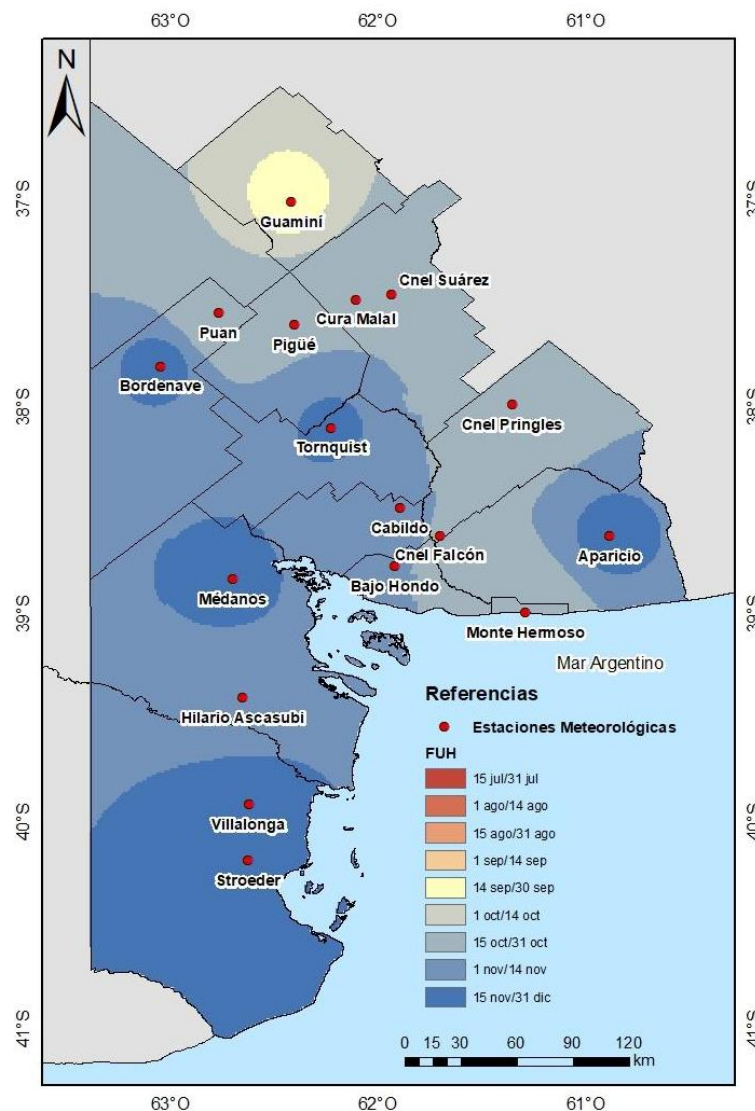
Figura 8

Fecha de la primera helada para el suroeste bonaerense (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

Por otra parte, las heladas tardías (Fig. 9) cubrieron prácticamente todo el suroeste bonaerense. A excepción de Guaminí, la región registró heladas en el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 31 de diciembre aproximadamente. En consonancia con lo observado en las heladas tempranas, las estaciones que registraron heladas tardías fueron Villalonga, Stroeder, Médanos, Bordenave, Tornquist y Aparicio.

Figura 9

Fecha de la última helada para el suroeste bonaerense (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

El análisis de las heladas agrometeorológicas resultan sumamente relevantes dado que, según la bibliografía consultada, las heladas tempranas y tardías son las que causan mayor inconveniente y perjudican a los cultivos.

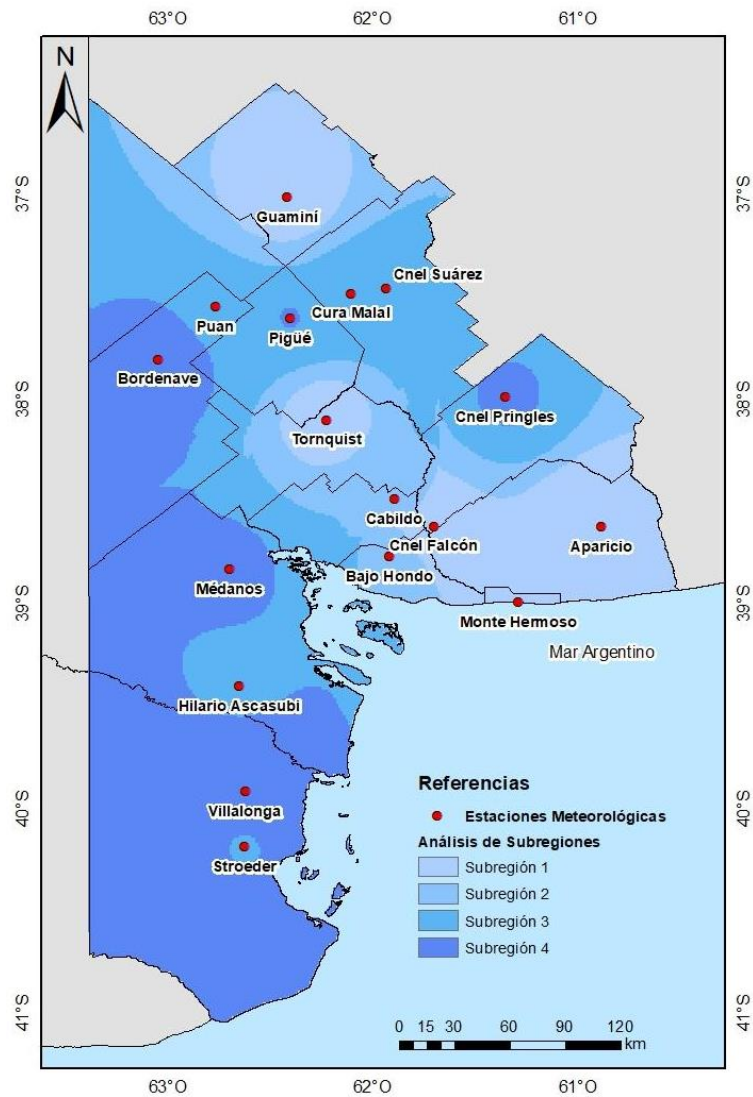
4.6. Distribución mensual

Para un análisis más detallado se investigó el comportamiento mensual de las heladas para cada estación meteorológica durante el período 2013-2017. A tal fin, se agruparon para sintetizar la información. El criterio de agrupación seleccionado para el análisis se determinó

a partir de un análisis multicriterio considerando el promedio anual, la intensidad y el período con heladas. De esta manera se encontraron cuatro subregiones (Fig. 10).

Figura 10

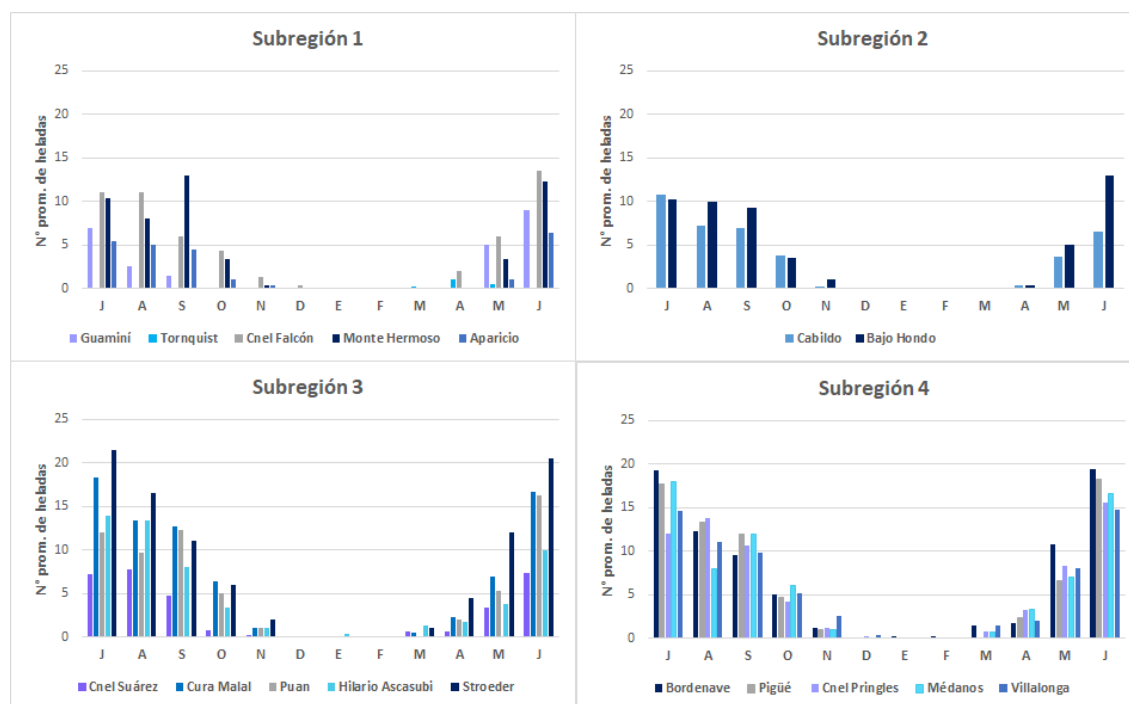
**Subregiones para la distribución mensual de las heladas en el suroeste bonaerense
(2013-2017)**



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

Sobre la base de la clasificación de subregiones del mapa de la figura 10, se graficaron los resultados del promedio mensual de heladas por estación (Fig. 11), los cuales demostraron el comportamiento diferencial de las heladas agrometeorológicas en el suroeste bonaerense.

Figura 11

Distribución mensual de las heladas en el Suroeste bonaerense (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

En principio es posible observar que la mayor concentración de heladas se produjo en los meses correspondientes al invierno en el hemisferio sur mientras que en la época estival se registraron escasas o nulas. Los meses previos y posteriores al período invernal registraron numerosas heladas por lo cual queda en evidencia la presencia de heladas tempranas y tardías en el área de estudio. A continuación, se realiza un análisis más detallado para cada subregión.

En la subregión 1 se encuentran las estaciones meteorológicas de Guaminí, Tornquist, Coronel Falcón, Monte Hermoso y Aparicio. En dicha subregión las heladas se manifestaron con poca frecuencia en comparación al resto del área de estudio. La mayor cantidad de heladas se concentraron en los meses de junio y julio con entre 6 y 13 heladas por mes. Los meses de diciembre, enero y febrero no registraron heladas. Mientras que tanto en los meses previos como en los posteriores al invierno hubo al menos una helada por mes.

En la subregión 2 se localizan las estaciones de Cabildo y Bajo Hondo. El comportamiento de las heladas es similar al anterior sin embargo aumenta progresivamente la cantidad por mes. Junio y julio concentran la mayor cantidad con un promedio mensual de 10 heladas mientras que en agosto y septiembre se encuentran valores mensuales entre 8 y 9 en promedio. Entre octubre y noviembre hubo un promedio de 2 heladas. Los meses de diciembre, enero, febrero y marzo se manifestaron sin las mismas, mientras que los meses de abril y mayo tuvieron 1 y 4 heladas en promedio respectivamente.

En la subregión 3 se encuentran las estaciones de Coronel Suárez, Cura Malal, Puan, Hilario Ascasubi y Stroeder. Las heladas aumentan de forma escalonada a medida que cambiamos de subregión. En este caso, los mayores promedios de heladas se registraron durante la época invernal, con 14 heladas por mes en promedio. El mes de septiembre registró gran cantidad de heladas, entre 4 y 12 según las estaciones meteorológicas. El mes de octubre tuvo hasta 6 heladas en promedio mensual mientras que en noviembre se registró al menos una. Por lo tanto es evidente la importancia de estudiar las heladas tardías. Durante la época estival no se registraron heladas, a excepción de Hilario Ascasubi que presentó una helada en el mes de enero. Los meses de marzo y abril presentaron valores menores o iguales a 4. El mes de mayo concentró 6 heladas en promedio.

En la subregión 4 se incluyen las estaciones meteorológicas de Bordenave, Pigüé, Coronel Pringles, Médanos y Villalonga. En esta subregión la cantidad de heladas en época invernal se incrementa notablemente, registrando entre 11 y 17 heladas en promedio por mes. Septiembre también presentó numerosas heladas, 10 en promedio. Entre octubre y noviembre la cantidad osciló entre 5 y 1 mientras que en época estival hubo una helada por mes. Las heladas tempranas también se hicieron presente con al menos una helada por mes, llegando a mayo con 8 heladas en promedio. La particularidad de esta subregión es que en todos los meses se registró al menos una helada.

A partir del análisis realizado se observa que las heladas no sólo son un fenómeno normal en el área de estudio, sino que pueden producirse como un fenómeno extremo al manifestarse en épocas que no son las típicas. Por ello se hace preciso el estudio del período de días con heladas.

4.7. El origen de las heladas

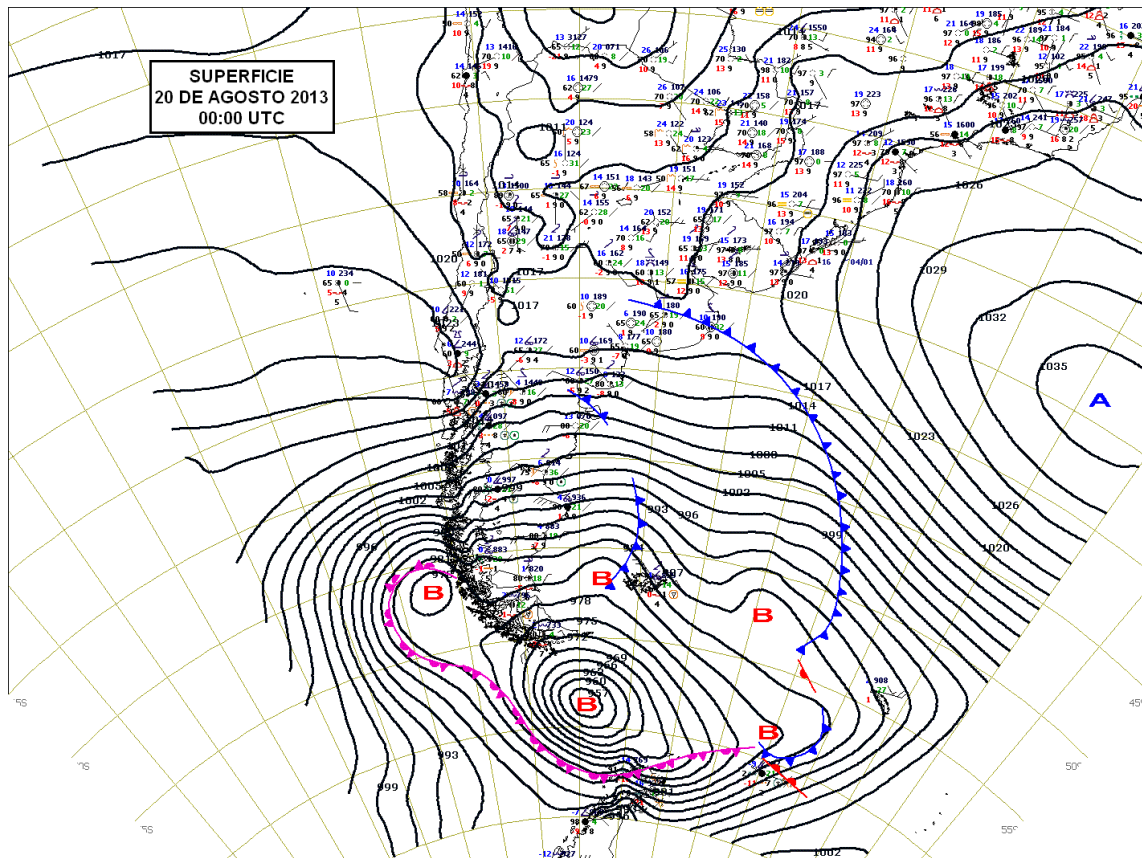
Las heladas pueden clasificarse de diversas maneras como vimos al principio del capítulo. Como se dijo previamente, las heladas pueden ser de tres orígenes: advectivas, radiativas y mixtas.

En el área de estudio no fue posible asociar el origen de las heladas a los estados de tiempo durante el período 2013-2017 dada la reducida serie de datos disponible. Si bien se detectaron algunas relaciones entre las cartas del tiempo y los datos estadísticos, no resultan suficientes para afirmar su asociación. A modo de ejemplo se exponen las cartas del tiempo del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a heladas de advección y de radiación que se presentaron durante el período de estudio.

En la carta del 20 de agosto del 2013 (Fig. 12) puede apreciarse una situación sinóptica que provoca importantes descensos de temperatura por una advección de masa de aire fría provocada por un sistema de bajas presiones situado al sur del continente y en cercanías a las islas Malvinas que permitió el ingreso de masas de aire desde latitudes más altas. La temperatura promedio fue de 2 °C, se dieron precipitaciones en el extremo este del área de estudio y hubo presencia de cumulus y cumulonimbus. El viento predominó del sector suroeste con una velocidad de 20 nudos (40 km/h).

Figura 12

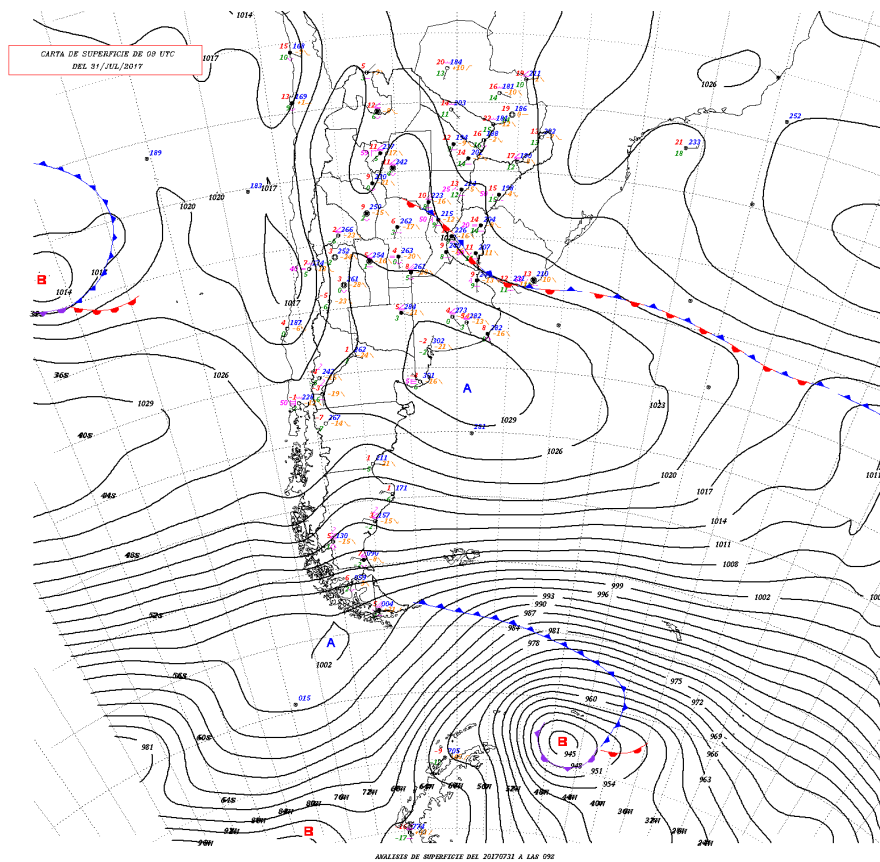
Carta del tiempo del 20 de agosto del 2013 (00 UTC)



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2013.

La situación sinóptica que ejemplifica el estado de tiempo dominante con heladas de radiación en el área de estudio se presenta en la Figura 13 correspondiente a la carta de tiempo del día 31 de julio del 2017 (09 UTC). En principio puede observarse la influencia del centro anticiclónico que produce temperaturas de -2°C en Bahía Blanca y de -4°C en Viedma. La presión atmosférica fue de 1029 hPa. Asimismo, según los datos estadísticos la estación Stroeder registró $-5,8^{\circ}\text{C}$ el mismo día.

Figura 13

Carta del tiempo del 31 de julio del 2017 (09 UTC)

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2017.

Se observa que en el área de estudio se hacen presentes dos tipos de heladas. Si bien no todas son extremas considerándolas en términos absolutos, gran cantidad de heladas son perjudiciales dada su época de ocurrencia. Para indagar más sobre el tema es que se lleva a cabo una asociación entre los estados de tiempo y las heladas en el suroeste bonaerense.

4.8. Los estados de tiempo asociados con las heladas

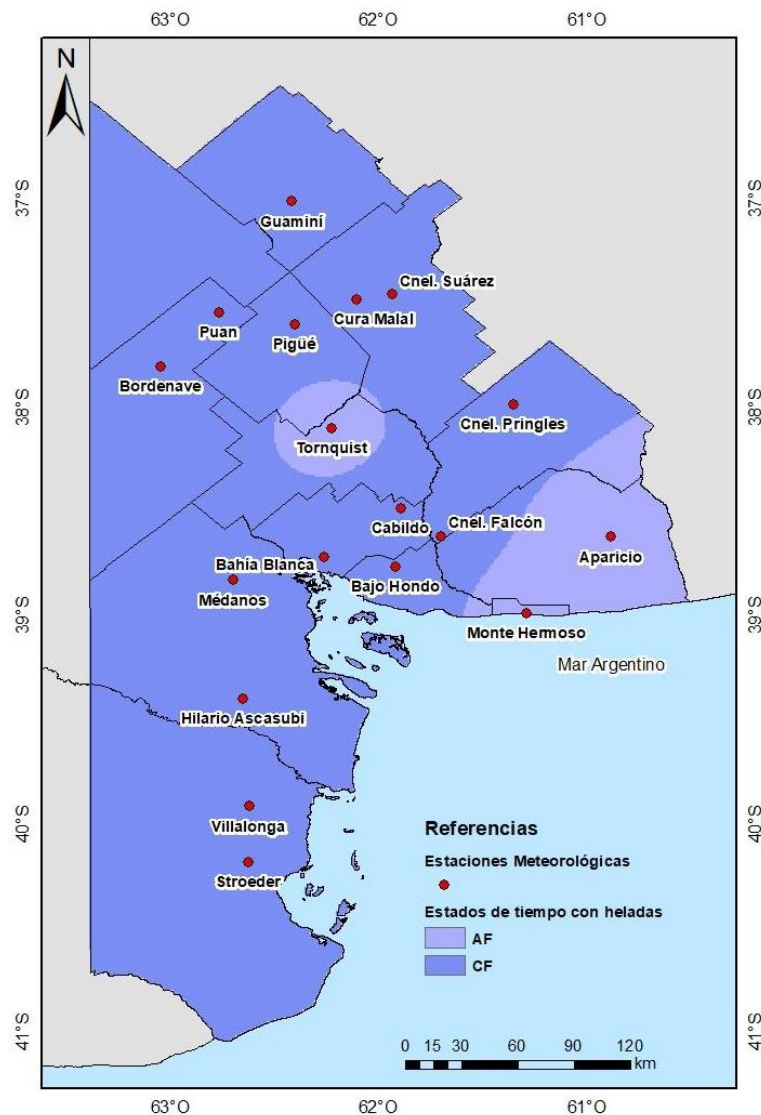
Con la información analizada y las cartas del tiempo disponibles, no fue posible establecer una asociación fuerte comprobable estadísticamente entre el origen de las heladas y los estados de tiempo, aunque sí se pudo determinar con qué tiempo se manifestaron con mayor frecuencia. De esta manera, la relación entre los estados de tiempo y los eventos de heladas se realizó mediante un análisis estadístico de los datos. Como resultado, se advirtió que los estados de tiempo típicos de la región no fueron precisamente los estados de tiempo que produjeron los eventos de heladas.

En el área de estudio los estados de tiempo asociados a los eventos de heladas fueron el Ciclón frío sin precipitaciones (CF) y el Anticiclón frío sin precipitaciones (AF) (Fig. 14).

En el primer caso corresponden los estados de tiempo con presión atmosférica inferior a la media, temperatura mayor a 5 °C y menor que 10 °C y sin precipitaciones mientras que en el segundo caso, las condiciones son iguales a excepción de la presión atmosférica, que es superior a la media.

Figura 14

Estados de tiempo asociados a heladas agrometeorológicas para el suroeste bonaerense (2013-2017)



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del INTA y BCPBB.

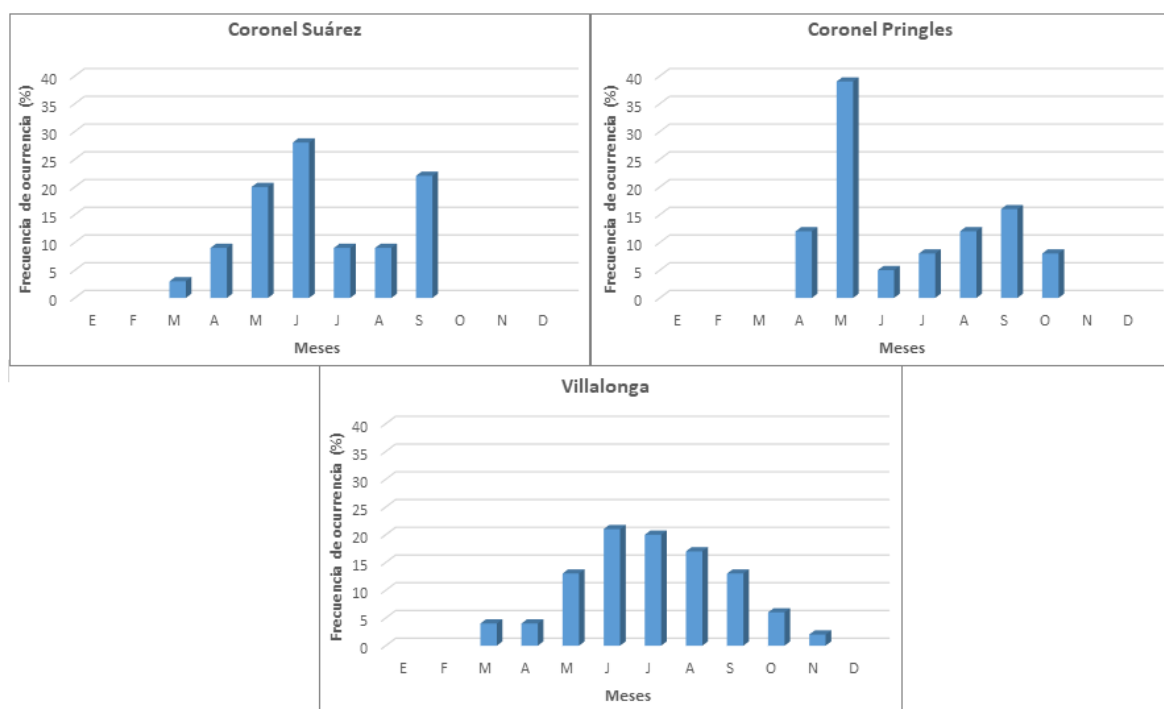
Las heladas se manifestaron principalmente con un estado ciclónico y frío de la atmósfera sin precipitaciones, a excepción de las localidades de Monte Hermoso, Aparicio y Tornquist donde las heladas ocurrieron fundamentalmente con un estado anticiclónico frío sin precipitaciones.

A fin de contribuir al conocimiento de los estados de tiempo con el que se generan las heladas, es que se analizó la frecuencia anual (2013-2017) del estado Anticiclón Frío sin Precipitaciones (AF) para Villalonga, Coronel Suárez y Coronel Pringles; y del Ciclón Frío sin precipitaciones (CF) para las estaciones de Monte Hermoso y Pigüé.

En el caso del estado de tiempo AF (Fig. 15) se observa una concentración de su frecuencia principalmente durante los meses de junio, julio y agosto en el caso de Villalonga, junio y septiembre para Coronel Suárez y mayo para el caso de Coronel Pringles. Un aspecto a destacar es que, en todos los casos, los meses de diciembre, enero y febrero no contaron con dicho estado de tiempo.

Figura 15

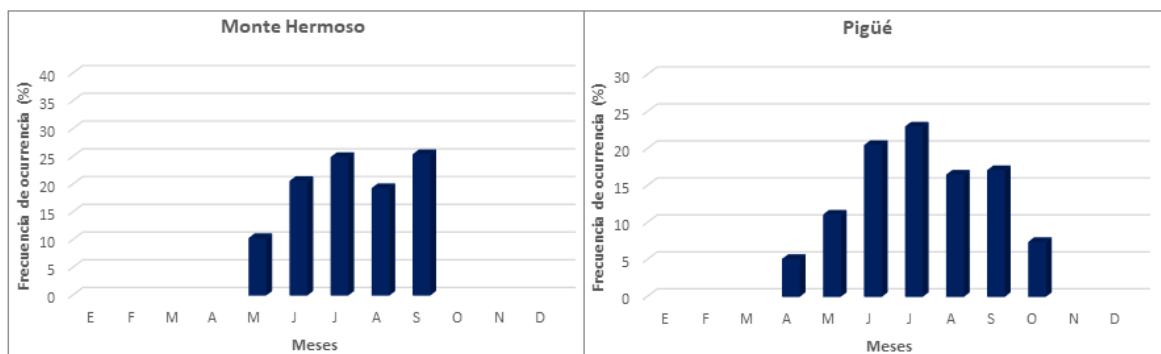
Frecuencia de AF (2013-2017)



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del del INTA y BCPBB.

Para el caso del estado de tiempo CF (Fig. 16) se reconoce una distribución más equitativa entre los meses de ocurrencia. Estos comprenden el período desde abril hasta octubre, siendo mayor la frecuencia durante los meses de junio y julio. Si analizamos comparativamente ambas estaciones podemos observar que el período de ocurrencia es mayor en Pigüé respecto de Monte Hermoso.

Figura 16

Frecuencia de CF (2013-2017)

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del del INTA y BCPBB.

En términos generales podemos afirmar que, si bien los estados de tiempo que generan las heladas se concentran durante la estación de invierno, los meses previos y posteriores a éste son de vital importancia a la hora de planificar el desarrollo de una actividad agrícola en la región. Para comprender el impacto que generan las heladas en el suroeste bonaerense se presentan a continuación las principales actividades agrícolas que se desarrollan en la región.

5. AFECTACIÓN DE LAS HELADAS EN LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

En este capítulo se abordará la caracterización de las actividades agrícolas predominantes para luego determinar los posibles daños para los cultivos y las consecuencias para los productores. Se analiza la percepción que los productores tienen con respecto a las heladas y su influencia en las actividades agrícolas de la región. Finalmente, los resultados obtenidos se complementaron con la prensa local, revistas de divulgación agropecuaria y otros documentos afines a la temática de investigación.

5.1. Las actividades agrícolas del suroeste bonaerense

5.1.1. El rendimiento de los cultivos

Si se analiza el rendimiento de los diferentes cultivos en el suroeste bonaerense es posible reconocer que existen ciertas variaciones según las localidades (Tabla V) dadas las singularidades derivadas de su posición. Cabe destacar que el partido de Monte Hermoso no se encuentra relevado dado que su principal actividad económica es el turismo.

Tabla V

Rendimiento (kg/ha) promedio de los principales cultivos en el suroeste bonaerense (2013-2017)

Partidos / Cultivos	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
Adolfo Alsina	2649	3017	4300	1962	1917
Bahía Blanca	1900	2500	2083	0	800
Coronel Dorrego	2927	3333	5617	1418	1482
Coronel Rosales	2350	3509	1833	0	919
Coronel Pringles	3024	3367	5700	1551	1664
Coronel Suárez	3248	3283	4983	2066	1883
Guaminí	2928	3250	6250	2812	2325
Monte Hermoso	-	-	-	-	-
Patagones	1436	1426	6233	600	1550
Puan	2731	3083	4217	1667	1450
Saavedra	2883	3117	4683	2092	1817
Tornquist	2732	3017	4133	1614	1600
Villarino	1452	1000	6233	600	1583
Promedio	2522	2825	4689	1365	1583

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

En términos generales los promedios del suroeste bonaerense fueron de 2522 kg/ha en trigo, 2825 kg/ha en cebada, 4689 kg/ha para el maíz, 1365 kg/ha para la soja y 1583 kg/ha para el girasol. Si se analizan las diferencias de rendimiento dentro del área de estudio para cada

cultivo se desprende que los partidos de Adolfo Alsina, Coronel Suárez y Guaminí presentan los valores más altos de trigo y de cebada, distinguiéndose el sector centro-este (partidos de Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Coronel Rosales) con buenos rendimientos de cebada. Con respecto al maíz se distinguen los partidos más meridionales (partidos de Villarino y Patagones) y más septentrionales (partido de Guaminí) del área de estudio con rendimientos promedios de 6200 kg/ha. En cuanto al girasol los mejores rendimientos se encuentran en el norte del área de estudio con un promedio que oscila entre 1900 y 2300 kg/ha (partidos de Adolfo Alsina y Guaminí). La soja por su parte no presenta buenos rendimientos en general en el área de estudio a excepción del partido de Guaminí que registró un promedio de 2812 kg/ha y en menor medida, Coronel Suárez con 2066 kg/ha y Saavedra con 2092 kg/ha.

Si se analiza el rendimiento anual de los cultivos (Ver Anexo) es posible asociar algunos efectos de las heladas sobre los mismos. Por ejemplo, las heladas tempranas afectaron al cultivo de soja durante la campaña 2013/14. En cambio, las heladas tardías redujeron el rendimiento del trigo y del maíz durante la campaña 2017/18, de la cebada en la campaña 2013/2014 y del girasol en la campaña 2013/14.

5.1.2. Fechas de siembra y de cosecha

Para llevar a cabo una planificación agrícola eficiente los productores utilizan un calendario agrícola en el cual se establecen fechas de siembra y de cosecha para cada cultivo. En el suroeste bonaerense (Tabla VI) se determinan los meses de mayo a julio como época de siembra para el cultivo de trigo y cebada. En el caso del cultivo de maíz la época de siembra es de octubre a noviembre, mientras que el girasol sólo en octubre. Por su parte, la soja de primera se siembra en octubre y la soja de segunda en diciembre.

Tabla VI

Fechas de siembra y de cosecha de los principales cultivos de la región

Cultivos	Época de siembra	Época de cosecha
Trigo	Mayo a Julio	Diciembre a Enero
Soja	Octubre (de 1°) o Diciembre (de 2°)	Abril a Mayo
Cebada	Mayo a Julio	Diciembre a Enero
Girasol	Octubre	Marzo
Maíz	Octubre a Noviembre	Junio a Julio

Fuente: Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, 2020.

Con respecto a la cosecha, se establece para el cultivo de trigo y cebada el período comprendido entre diciembre y enero. El cultivo de maíz se cosecha de junio a julio mientras que el girasol en marzo. Por su parte, la soja se cosecha de abril a mayo.

Los cinco cultivos mencionados previamente son afectados mayormente por las heladas tardías, en comparación con las heladas tempranas, dado que dicha fecha coincide con el período crítico de los mismos. Sin embargo, cabe destacar que las heladas tempranas en el cultivo de soja por ejemplo, producen graves daños ya que el grano está en proceso de llenado. Por lo tanto, si bien hay heladas que disminuyen más el rendimiento de los cultivos, todas son perjudiciales para los productores agrícolas.

5.2. La influencia de las heladas en las actividades agrícolas (2013-2019)

La influencia de las heladas en las actividades agrícolas del suroeste bonaerense se identificó a partir de un relevamiento de la prensa local, revistas de divulgación agropecuaria e instituciones involucradas en la temática. A continuación, se detallan algunos ejemplos.

Las heladas tempranas acontecidas entre febrero y principios de marzo del 2013 ocasionaron graves pérdidas en los productores de la región. Al respecto se considera oportuno mencionar una entrevista llevada a cabo por el diario La Nueva (2013) a diversos productores.

"En soja de segunda las pérdidas son del 80 por ciento; el fenómeno directamente cortó el ciclo. Están casi quemadas. Y en sojas tardías la afectación, dependiendo el grado de madurez, ronda el 50%", sostuvo Julio Mayol, productor de la zona serrana de Coronel Suárez y de Tornquist. En la zona serrana, cerca del paraje San Eloy, se produjeron heladas que afectaron al cultivo de soja.

“La soja que se salvó es la sembrada temprano, en noviembre, y que posee ciclo largo. En principio, se perdió el 20%. En esta región, la sequía de los meses de enero y de febrero últimos no permitió el adecuado desarrollo (especialmente en soja, que se aprecia en altura). Esto provoca una directa exposición a las heladas. ¿Rendimiento? En el mejor de los casos, la soja menos perjudicada llegará a los 500 kilos por hectárea. El rinde promedio es de 850 Kg/Ha y la indiferencia ronda los 600 Kg/Ha. En girasol no hay mayores reportes de dificultades, ya que están casi todos los ciclos completos. La siembra allí cayó el 30%, y algunos lotes ya cosecharon entre 2.000 y 3.000 kilos. En maíz sucede otro tanto, porque se trata de un cultivo con distinta fortaleza y diferentes fechas de siembra. El maíz sembrado entre el 2 y 3 de noviembre presenta muy buen estado y se espera un rendimiento de 7.000 Kg/Ha” (La Nueva, 2013).

En varios lotes del distrito de Coronel Pringles también se produjeron heladas que afectaron la producción. *"La sequía de enero y de febrero ya había afectado a las sojas atrasadas, porque las dejaron sin grano. Un poco mejor están las tempranas",* aseguró Reinaldo Arosteguy, asesor agropecuario de Coronel Pringles quien agregó *"Los rindes en esta zona se caerán, aún sin considerar las eventuales heladas por delante, de 1.500/1.700 Kg/Ha a 500/700 Kg/Ha"*. Para el responsable del área de Climatología del INTA Bordenave, ingeniero agrónomo Eduardo Campi, la rotación de vientos producida a partir del 15 de

febrero desembocó en bajas temperaturas y, por ende, heladas tempranas. En la zona cercana a la localidad de Bordenave, en el partido de Puan, la primera helada se produjo el 26 de febrero. Campi aseguró que en Bordenave la fecha clave es el 29 de marzo. *"Siempre depende de la latitud. En la zona de las sierras, por ejemplo, es un poco más tarde. Y sabemos que ya se han producido heladas allí por estos días"*, dijo. Asimismo, remarcó que la mayor afectación de la helada se produce en soja, aunque no tanto en girasol y en maíz, al encontrarse estos en otra etapa de desarrollo (La Nueva, 2013).

Con respecto a las heladas tardías, se recopilan a continuación una serie de ejemplos acerca de sus afectaciones en los cultivos de la región. El 24 de noviembre del año 2017 se produjo una helada tardía que generó graves efectos en la región serrana, particularmente afectando a los partidos de Adolfo Alsina, Tornquist, Saavedra y Coronel Suárez. Los cultivos afectados fueron (Fig. 17): el maíz, la soja de segunda y la avena (Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, 2017). A partir del análisis de la carta del tiempo de dicho día (Fig. 18) puede reconocerse como una helada de radiación afecta a todo el suroeste bonaerense en una fecha en la que tanto el cultivo de maíz como la soja de segunda están a punto de ser cosechados.

Figura 17

Maíz afectado por la helada en la región serrana (24/11/2017)



Fuente: Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, 2017.

Carta del tiempo del 24 de noviembre del 2017 (00 UTC)



Otro caso de helada que afectó a los cultivos como el maíz, aunque en menor medida, fue la

Figura 19

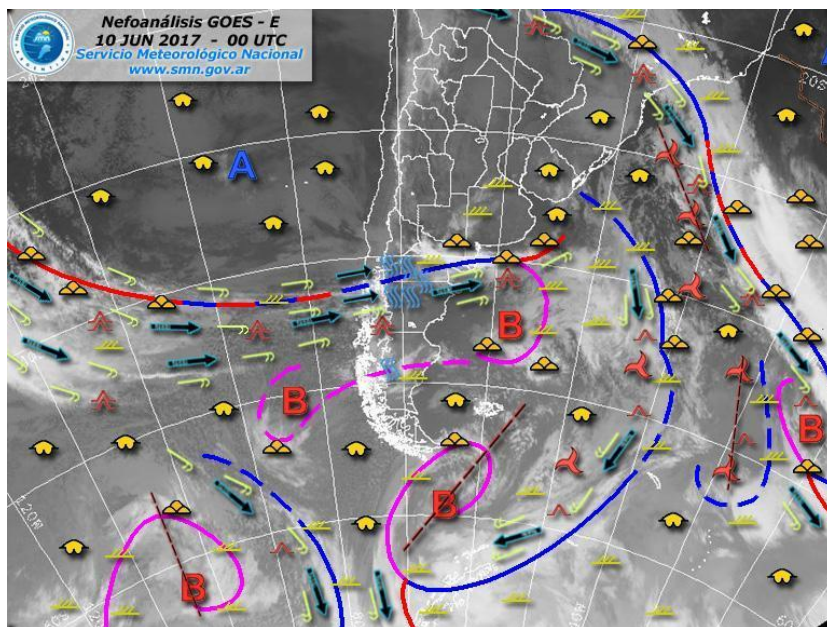
Maíz afectado por la helada en Coronel Pringles (10/06/2017)



Fuente: Meoli, 2017.

Figura 20

Nefoanálisis del 10 de junio del 2017 (00 UTC)



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2017.

En septiembre del 2016 la helada tardía ocasionó pérdidas en el cultivo de cebada (Fig. 21). En el mismo año, ocurrió una helada tardía en el mes de noviembre que produjo daños en los cultivos. A partir del nefoanálisis (Fig. 22) puede observarse como la helada es originada

por la influencia de un centro anticiclónico por lo tanto se reconoce como helada de radiación.

Figura 21

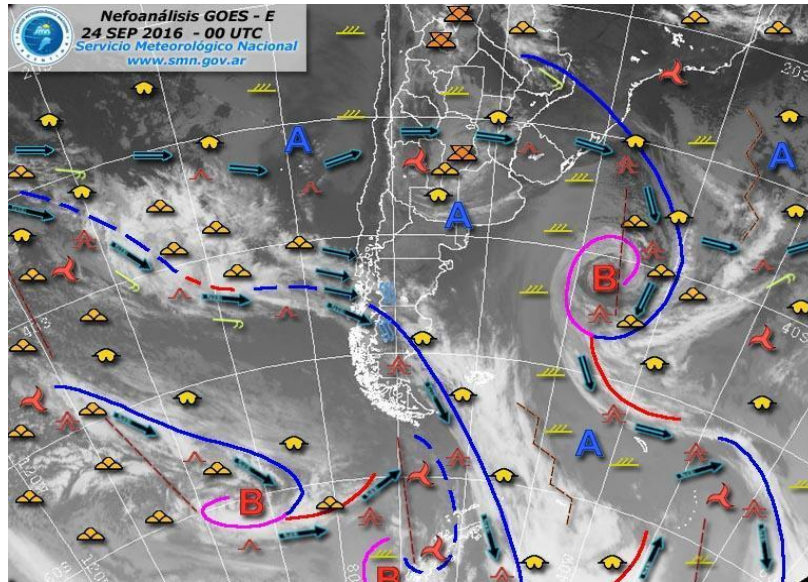
Cebada afectada por la helada en el suroeste bonaerense (24/09/2016)



Fuente: Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, 2016.

Figura 22

Nefoanálisis del 24 de septiembre del 2016 (00 UTC)



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2016.

Otro caso donde el cultivo del maíz fue gravemente afectado fue el registrado los días 16 y 17 de noviembre del 2016 en Hilario Ascasubi (Fig. 23). En la imagen situada en el extremo inferior derecho, puede observarse la comparación entre una planta afectada y otra no afectada pertenecientes al mismo lote. Por otra parte, en la carta del tiempo del 17 de noviembre (Fig. 24) se observa como una helada de radiación influye en la región.

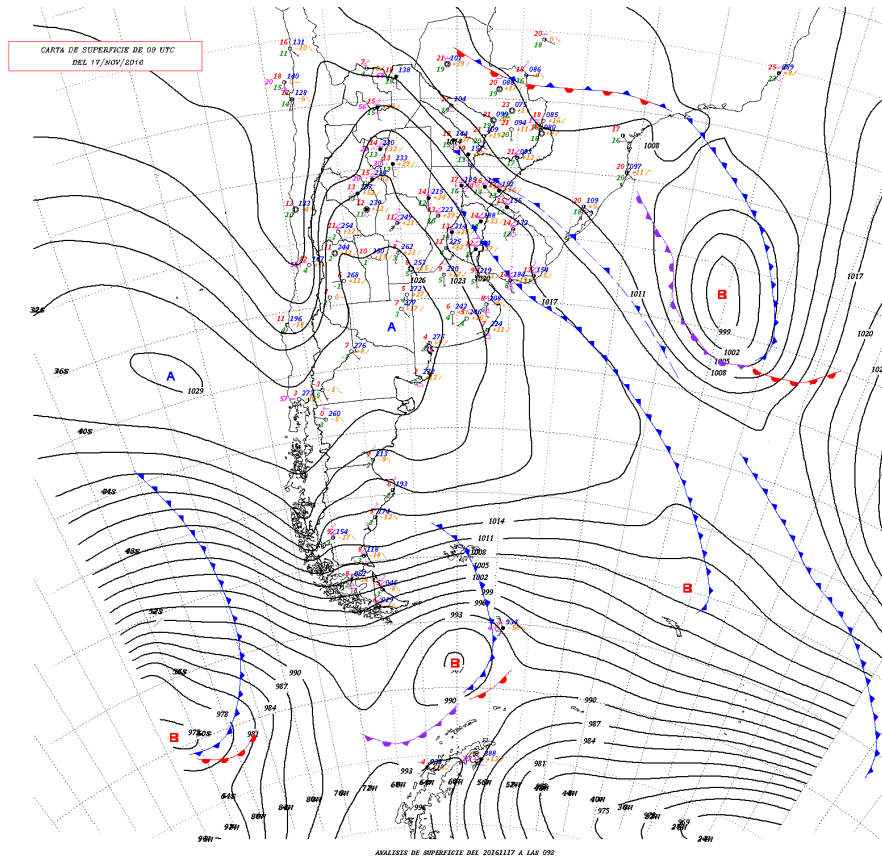
Figura 23

Maíz afectado por la helada en Hilario Ascasubi (16-17/11/2016)



Fuente: Vanzaloni et al, 2016.

Figura 24

Carta del tiempo del 17 de noviembre del 2016 (09 UTC)

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2020.

Otro ejemplo de afectación son las heladas tardías ocurridas los días 27 y 28 de septiembre del 2017 (Fig. 25). En dicha oportunidad fue afectado el cultivo de trigo en los partidos de Tornquist y Bahía Blanca. Mediante la carta del tiempo del día 28 de septiembre (Fig. 26) puede observarse como la helada es de radiación, es decir, es ocasionada por la instalación de un centro anticiclónico en el área.

Figura 25

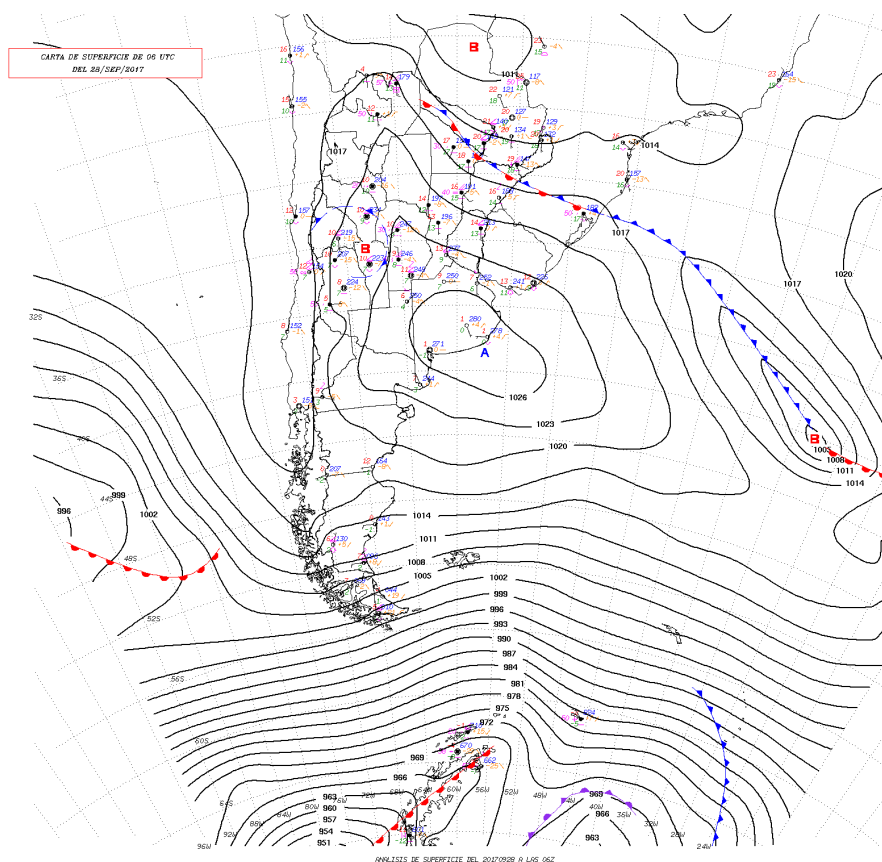
Trigo afectado por las heladas del 27-28 de septiembre del 2017



Fuente: Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca, 2017.

Figura 26

Carta del tiempo del 28 de septiembre del 2017 (06 UTC)



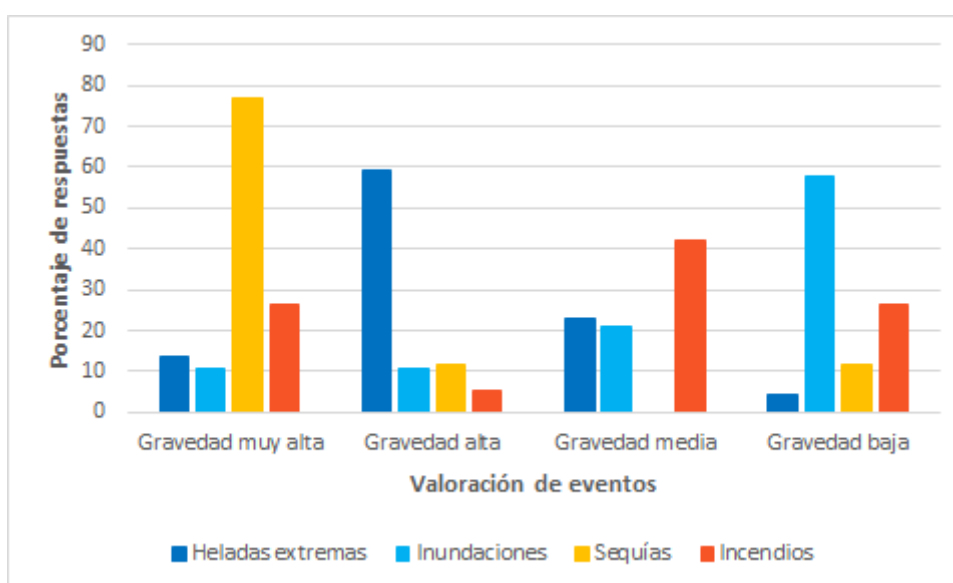
5.3. La percepción de los productores

Luego de cotejar los resultados obtenidos con la prensa local, revistas de divulgación agropecuaria y otros documentos afines a la temática de investigación, se llevó a cabo una encuesta con el fin de conocer y profundizar la percepción de los productores del suroeste bonaerense acerca del tema de estudio. De las 30 encuestas realizadas, 1 pertenecía al partido de Adolfo Alsina, Coronel Pringles, Guaminí, Patagones y Puan, 2 a Coronel Suárez, 3 a Bahía Blanca, Coronel Dorrego y Tornquist y 14 a Villarino.

La valoración de los eventos extremos en la región demostró (Fig. 27) que de los cuatro eventos propuestos (heladas extremas, sequías, inundaciones e incendios) el 77 % de los encuestados consideraron las sequías como el evento de mayor gravedad. Las heladas extremas se posicionaron en segundo lugar con 59 % de las valoraciones mientras que los incendios ocuparon el tercer lugar y las inundaciones el último.

Figura 27

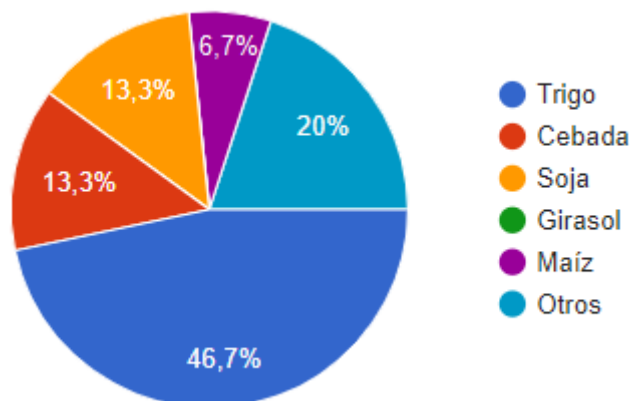
Valoración de gravedad de eventos extremos



Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base de encuestas a productores.

Con respecto a la consulta de si las heladas afectan a los cultivos, el 93,3 % de los productores encuestados respondieron positivamente. Los cultivos más afectados (Fig. 28) son: el trigo (46,7 %), otros de los propuestos (20 %), la soja y la cebada (13,3 %) y por último el maíz.

Figura 28

Cultivos afectados por las heladas

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base de encuestas a productores.

La época de ocurrencia de heladas más frecuente según los productores es luego del invierno. Es decir que según el 63,3 % de los encuestados las heladas tardías son las de mayor frecuencia, mientras que en segundo lugar se encuentran las heladas invernales (26,7 %) y por último las heladas tempranas (10 %).

La mayoría de los productores coincidieron en que han tenido experiencias negativas respecto de la ocurrencia de heladas durante la producción (63,3 % sí tuvo experiencias negativas y 36,7 % no). Entre las descripciones de los productores se concluye que las mayores afectaciones se produjeron con las heladas tardías. Por ejemplo: heladas a fines de agosto y en el mes de noviembre en el partido de Villarino, helada a mediados de diciembre que afectó al maíz temprano en Coronel Pringles, heladas en noviembre que afectan a la soja y al maíz de primera en Adolfo Alsina, heladas en noviembre afectan a la cebada en Tornquist, entre otros. Sin embargo, cabe destacar que las heladas tempranas también afectan a los productores del suroeste bonaerense. Al respecto los productores de Adolfo Alsina comentan “*Las heladas tempranas de marzo y abril afectan a la soja de segunda, cuando la planta todavía está en desarrollo*”. También los productores de Villarino resaltan que en ocasiones las plantaciones de cebolla han sido quemadas por las primeras heladas en mayo y junio. En ambos ejemplos, los productores no indicaron el año de ocurrencia.

A partir de la encuesta también se advierte que las heladas son un fenómeno recurrente en el área de estudio. Ejemplo de ello son los eventos de los años 1992, 2018 y 2019 mencionados

por los productores. En este sentido resulta importante recuperar el relato de un productor de Villarino: *“La gran helada de 1992 ocurrió el 10 de noviembre y se llevó el 80% del trigo en nuestra región, nosotros teníamos 900 ha sembradas y no juntamos un grano”*. Al respecto otro productor acota: *“Se produjo una helada que afectó en su totalidad a la cosecha de trigo, en noviembre del año 1992. En otras oportunidades hubo afectaciones no totales”*.

En alusión a los cultivos afectados, se destaca en primer lugar el trigo, aunque también los cultivos de maíz, soja, cebada, zapallo, ajo, cebolla y avena han sido perjudicados por las heladas. Por último, el 86,7 % de los productores encuestados coincidieron en que no cuentan con herramientas para combatir las heladas. Respecto al otro 13,3 % de los productores que respondieron que sí, ninguno indicó cuáles eran dichas herramientas. Por el contrario, quienes no tienen herramientas afirman que es difícil contar con ellas porque *“son grandes extensiones y tenemos un clima muy variable. No podemos jugar con fechas de siembra que nos puedan asegurar que una helada fuera de época no encuentre al cultivo en su estadio más propenso”*. En este sentido un productor indicó que cuenta con un seguro que cubre las mermas de rendimiento como consecuencia de los riesgos climáticos que puedan afectar la producción.

Por lo expuesto en la presente investigación se concluye que las heladas que mayor daño causaron no fueron las que se produjeron durante el período normal de ocurrencia de este fenómeno, sino las que aparecieron fuera de ese término. Las heladas otoñales y primaverales fueron las más perjudiciales para los cultivos dado que ocurrieron en etapas de nacimiento, floración o fructificación.

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo pretende lograr un conocimiento más acabado de las condiciones sinópticas del área a modo de que sea un aporte para prevenir o mitigar los efectos negativos que pueden tener las heladas sobre la sociedad y sus actividades agrícolas.

El estado de tiempo predominante en el suroeste bonaerense durante el período 2013-2017 fue el Ciclón cálido sin precipitaciones (CC), es decir, una situación atmosférica con presión inferior a la media, temperatura entre 15 °C y 25 °C y sin precipitaciones. En segundo lugar, el estado más frecuente fue el Anticiclón cálido sin precipitaciones (AC) caracterizado por condiciones similares al previamente mencionado excepto por la condición atmosférica, anticiclónica. A partir del análisis realizado se observa que el área de estudio presenta un dominio de estados de tiempo cálidos y templados, asociados a temperaturas que oscilan entre 10 y 25 °C, sin precipitaciones y con presión atmosférica variable. En este sentido, la metodología de Pejenaute Goñi (1990) facilitó la clasificación de los estados de tiempo dado que para ello se consideran sólo tres variables meteorológicas (temperatura, precipitación y presión atmosférica).

La distribución espacial de las heladas en la región no fue homogénea. Por el contrario, se observó que las localidades más afectadas del período analizado fueron: Villalonga, Coronel Pringles y Bordenave, con un promedio de entre 65 y 69 heladas por año. En cambio, las localidades costeras resultaron menos afectadas, con un promedio de entre 1 y 31 heladas por año. Respecto de la distribución mensual, también se encontraron diferencias según las localidades. En determinadas estaciones se presentan heladas durante todo el año mientras que, en otras el período de enero a marzo o de diciembre a febrero no presentaron dicho evento. En cuanto al período con heladas, mediante el análisis realizado se deduce que el período aumenta significativamente de este a oeste, reduciendo así el período favorable para el desarrollo de los cultivos en la región. Asimismo, también fue variable la intensidad de las heladas, siendo los casos más extremos las localidades de Villalonga (-9,3 °C), Coronel Pringles (-7.7 °C), Médanos (-7.3 °C) y Bordenave (-7 °C).

Las heladas tempranas se manifestaron principalmente en el sector oeste, afectando mayormente a las localidades más continentales. Como se expresó anteriormente, las heladas en algunos sectores del área de estudio, comenzaron en el mes de enero. Por el contrario, las heladas tardías ocurrieron en prácticamente todo el suroeste bonaerense. A excepción de

Guaminí, las heladas tardías se manifestaron hasta el mes de diciembre. Debido al corto período de estudio, no se analizó la frecuencia de heladas tempranas y tardías.

Por medio del análisis entre los estados de tiempo y las heladas, se advirtió que los estados de tiempo típicos de la región no fueron precisamente los estados de tiempo predominantes durante los eventos de heladas. En este caso, los estados de tiempo asociados a los eventos de heladas fueron el Ciclón frío sin precipitaciones (CF) y el Anticiclón frío sin precipitaciones (AF). Es decir que las condiciones fueron: temperatura mayor a 5 °C y menor que 10 °C, sin precipitaciones y presión atmosférica variable. Las cartas del tiempo fueron una herramienta importante para el análisis de los estados de tiempo dado que permitieron explicar las situaciones atmosféricas que produjeron los estados dominantes en cada estación. Por lo tanto, fue posible analizar los estados de tiempo predominantes en los eventos de heladas. Asimismo, se comprobó que la región es afectada por ambos tipos de heladas: las de advección y las de radiación.

Por último, tanto las heladas tempranas como las tardías ocasionaron graves problemas para los productores de la región, que en múltiples ocasiones han sufrido una disminución del rendimiento de los cultivos a causa de las heladas. Sin embargo, si bien la helada afecta gravemente a los productores, no es el único ni el más grave (en términos generales) de todos los eventos extremos que ocurren en la región. Las heladas más perjudiciales en el área de estudio son las heladas tardías dado que la época de ocurrencia coincide con: (i) la época de floración, llenado de grano y cosecha como en el caso del trigo y la cebada, o (ii) con la época de siembra como por ejemplo el maíz y la soja; cuando la planta aún se encuentra en desarrollo. De esta manera las heladas impactan de manera negativa sobre el rendimiento de los cultivos afectando notablemente a los productores de la región. En este sentido, las encuestas resultaron una herramienta eficaz para recopilar información al respecto. También permitió comprender y valorar la situación de los productores. La modalidad virtual en la cual se llevó a cabo la encuesta contribuyó a una mayor cobertura, libertad de respuesta y reducción de influencia por parte del encuestador. Sin embargo, se presentaron como limitaciones el acceso a internet y a dispositivos digitales.

Por lo expuesto se comprueba la hipótesis planteada en la presente investigación. Las heladas agrometeorológicas afectan la actividad agrícola en el suroeste bonaerense y son originadas por estados de tiempo que no son los predominantes.

Las heladas agrometeorológicas constituyen uno de los eventos más importantes que perjudican los cultivos de la región. Por lo tanto, analizar y estudiar su origen, así como también su intensidad y duración, que se profundizan hacia el suroeste del área de estudio, resulta de suma importancia a la hora de planificar las actividades agrícolas y de ese modo reducir los posibles daños en los cultivos. La variabilidad de los estados de tiempo propio del área de estudio, repercute en la variabilidad y espacialidad diferente de las heladas agrometeorológicas en la región.

En alusión a los conceptos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en el área de estudio, no se evidencian acciones ante la ocurrencia de heladas. En el área de estudio se desarrolló un Sistema de Información y Alerta Temprana del Sudoeste Bonaerense (SIAT). Constituye un organismo técnico especializado del sudoeste bonaerense que se encarga de recolectar, procesar y analizar datos para comunicar y difundir información relevante para la toma de decisiones de los diversos actores intervinientes en los sistemas productivos de la región (Cantamutto et al., 2020). Está constituido por el Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) participando desde dos Estaciones Experimentales Agropecuarias: Bordenave e Hilario Ascasubi, la Universidad Nacional del Sur (UNS) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Es implementado a través del proyecto “Aumentando la Resiliencia Climática y Mejorando el Manejo Sostenible de la Tierra en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires” (SOBA), liderado por la Secretaría de Ambiente de la Nación, financiado por el Fondo de Adaptación de Naciones Unidas y administrado por el Banco Mundial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2019). El presente trabajo constituye conocimiento de base por lo tanto podría situarse dentro de las acciones de prevención, mitigación o adaptación según las acciones que realicen los productores en el futuro.

Cabe destacar que existen numerosos factores (físicos, políticos, sociales y económicos) que no han sido tenidos en cuenta en el presente estudio pero que influyen en la producción agrícola. Los interrogantes que motivaron el presente estudio resultan el punto de partida para el estudio de la problemática que permanece vigente aún en la actualidad. El conocimiento del comportamiento de las heladas en el sudoeste bonaerense contribuye a elaborar herramientas y técnicas que permitan a los productores afrontarlas mitigando sus efectos, desafío que queda planteado a futuro.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abatte, P. E. y Martino, D. L. (2019). *Daño de helada sobre el número de granos de trigo y su modelado*. En Abatte, P. E. (Comp.), Cultivos de invierno. Balcarce: INTA Ediciones.
- Agard, J., Schipper, E. L. F., Birkmann, J., Campos, M., Dubeux, C., Nojiri, Y. y Mastrandrea, M. D. (2018). Glosario.
- Almorox, J., Suñer, L. G., Laurent, G., y Aguirre, M. E. (2015). Análisis de las temperaturas en dos áreas de interés olivícola del sudoeste bonaerense, Argentina. *Revista de Climatología*, 15.
- Argenpapa. (2020). España (Gran Canaria): Las fuertes heladas afectan cultivos de papa. Recuperado de <http://argenpapa.com/noticia/8378-espana-gran-canaria-las-fuertes-heladas-afectan-cultivos-de-papa>
- Ávila Flores, B. y Gonzalez Gaudiano, É. J. (2014). Percepción social de los eventos climáticos extremos: una revisión teórica enfocada en la reducción del riesgo. *Trayectorias*. 16(39), 36-58.
- Bianchi, A. R. y Cravero, S. A. C. (2010). Atlas Climático Digital de la República Argentina. INTA Ediciones, 51.
- Bohn, V. Y.; Piccolo, M. C. y Perillo, G. M. E. (2011). Análisis de los periodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Climatología*. Agencia Estatal de España. 11(3), 31-43.
- Bohn, V. Y., Sánchez, R. M., Carrascal, C. N., y Romagnoli, F. B. (2014). Estudio Preliminar de Variables Climatológicas y Productividad de los Suelos (RESAP, Argentina). En *XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo II Reunión Nacional*. 1-6.
- Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca. (2020). Recuperado de <http://www.bcp.org.ar/>
- Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca (@BCPbahia). (26 de septiembre del 2016). *De recorrida por los campos del Sudoeste: cebada afectada por la helada del sábado a la noche.* @BolsaBahia #Estimaciones. [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/BCPbahia/status/780503819339829248/photo/1>

- Bravo H. R., Quintana A. J. y Reyes M. M. (2020). Heladas. Factores, tendencias y efectos en frutales y vides. *BOLETÍN INIA / N° 417*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.
- Bruniard, E. (1992). *Climatología: Procesos y Tipos Climáticos*. Buenos Aires: CEYNE.
- Burgos, J. J. (1963). *Las heladas en la Argentina*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. Departamento de Geografía y Turismo, UNS, Bahía Blanca.
- Campo, A. M. y Gil, V. (2004). Estados de tiempo típicos del sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*.
- Campo, A. M.; Gil, V.; Gentili, J. O. Volonté, A. y Duval, V. S. (2011). Inventario de eventos climáticos-meteorológicos extremos. Suroeste bonaerense (1995-2010). *Revista Párrafos Geográficos*, 1, 102-116.
- Campo, A. M. y Ramos, M. B. (2015). Estados de tiempo asociados a episodios de enfermedades respiratorias en la ciudad de Punta Alta, Argentina. *Anales del XV Encuentro de Geógrafos de América Latina*, 95-109.
- Campo, A., Ramos, M. B. y Zapperi, P. (2009). Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina. *XII Encuentro de Geógrafos de América Latina*, 12.
- Campo de Ferreras, A. M. C., Diez, P. G. y Capelli de Steffens, A. M. (2004). *El clima del suroeste bonaerense*. Bahía Blanca: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Campo de Ferreras, A y Ramos, B. (2001). El invierno y las enfermedades asociadas a los estados de tiempo en la ciudad de Bahía Blanca. En *Contribuciones Científicas GAEA, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, 203-208.
- Cantamutto, M. A., Vanzolini, J. I., Pezzola, N. A. y Iurman, D. E. (2020). SIAT: Sistema de Información y Alerta Temprana del Sudoeste Bonaerense. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Cañada Torrecilla, M. R. (2017). Clasificación de tipos de tiempo y su influencia en las concentraciones de dióxido de Nitrógeno, material particulado (PM10) y Ozono en la ciudad de Madrid, España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. (75). 447-470.

Capelli de Steffens, A. y Campo, A., (1994). La transición climática en el Sudoeste bonaerense. En SIGEO, Bahía Blanca; Sección de Investigación del Departamento, U.N.S de Geografía N° 5.

Capelli de Steffens, A. M., Piccolo, M. C y Campo de Ferreras, A. (2005). *El clima urbano de Bahía Blanca*. Buenos Aires: Dunken.

Casagrande, G., Vergara, G. y Bellini, Y. (2001). Cartas agroclimáticas actuales de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(1/2), 15-22.

Centro de Información Agroclimática. (2013). Heladas en la Argentina. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Recuperado de <https://www.agro.uba.ar/heladas/mapas.htm>

Damario, E. A., Pascale, A. J. y Torterolo, M. K. (2006). Evaluación agroclimática del riesgo de daños por helada en las regiones de cultivo de cerezo en la Argentina. *Rev. Fac. Agr*, 26(3), 233-249.

Domínguez Bascón, P. (1986). Las heladas en la provincia de Córdoba. En *Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Estudios Geográficos*. Madrid: Instituto Juan Sebastián Elcano, Tomo XLVII, n° 182-183, publicación trimestral, 239.

El Agro. (2015). Cuantifican daño por heladas de septiembre en cerezos. Recuperado de <http://elagro.radioagricultura.cl/2015/09/25/cuantifican-dano-por-heladas-de-septiembre-en-cerezos/>

Elisei, V. R., Aguirre, M. E. y Santamaría, R. (2007). El desafío de la olivicultura en el Sudoeste bonaerense. Bahía Blanca: AgroUNS, Año IV, 7.

El Orden de Pringles. (2020). Se produjeron heladas en La Pampa en pleno verano. Recuperado de <https://www.elorden.com/noticias/2020/02/27/9541-se-produjeron-heladas-en-la-pampa-en-pleno-verano>

Endlicher, W. y Santana A., A. (1988). El clima del sur de la Patagonia y sus aspectos ecológicos. Un siglo de mediciones climatológicas en Punta Arenas. *Anales del Instituto de la Patagonia*.

Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca (@BCPagro). (4 de octubre del 2017). *Efecto de las heladas del 27-28 de sept en zonas bajas del partido*

de Tornquist y Bahía Blanca sobre cultivos de fina. [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/BCPagro/status/915608781035376640>.

Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca (@BCPagro). (27 de noviembre del 2017). *Efecto de la helada del viernes 24 de noviembre en la zona de las sierras, partidos de Adolfo Alsina, Tornquist, Saavedra y Cnel Suarez*. [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/BCPagro/status/935135438167265281>.

Fernández Long, M. E., Barnatán, I., Dominici, C. y Murphy, G. (2016). Información agroclimática de las heladas en la Argentina: generación y uso. *Meteorológica*, 41(2), 7-31.

Fusé, V., Chiavarino, L., Stadler, C., Picone, N., Juliarena, P. y Linares, S. (2018). Evaluación de herramientas de interpolación en SIG para el análisis espacial de las concentraciones atmosféricas de metano en la ciudad de Tandil. En *IV Congresos Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica y II Congreso Internacional de TIG*. Facultad de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.

García, F. F. y Álvarez, D. R. (2008). Olas de calor e influencia urbana en Madrid y su área metropolitana. *Estudios Geográficos*, 69(265), 495-518.

García, M. S., Leva, P. E. y Valtorta, S. E. (2008). Caracterización del régimen agroclimático de heladas para la provincia de Santa Fe durante el período 1979-2004. *Revista Facultad de Agronomía Universidad Buenos Aires*, 28(1), 53-26.

García, F., Sostillo, C. P., Casagrande, G. y Vergara, G. (2015). Caracterización del régimen de heladas en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina). *Semiárida*, 25(1), 17-23.

Gentili, J. O., Zapperi, P. A., Gil, V. y Campo, A. M. (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”*, 1-11.

Giardina, J. A., Digonzelli, P. A., Romero, E. R., Alabarce, F. P., Duarte, D. y Medina, M. (2020). Efecto de la severidad de las heladas en la capacidad potencial de brotación y en la emergencia a campo de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum*spp.) Tucumán, R. Argentina. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 96(2), 23-29.

Gil, V. y Campo, A. M. (2012). Geomorfología y Procesos de Vertiente. Cuenca alta del río Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina). *Cuaternalario y geomorfología: Revista de la*

Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, 26 (1-2).

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

Hernández, X. (2018). Lo que faltaba: cayó una helada en Coronel Suárez. *Infocampo*. Recuperado de <https://www.infocampo.com.ar/lo-que-faltaba-cayo-una-helada-en-coronel-suarez/>

Ibarra E. M. (2008). Tipos de tiempo para el turismo de sol y playa en el litoral alicantino. *Estudios geográficos*, 69 (264), 135-155.

Iglesias de Cuello, A. (1981). Tipos de climas en Atlas Total de la República Argentina. Centro Editor de América Latina S.A., 13.

Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de <https://www.ign.gob.ar/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica. Recuperado de <http://sig.inta.gob.ar/#/>

Iurman, D. E., Castoldi F. J.; Larreguy, V.; Perlo, A. M.; Agamennoni, R. J.; Pizarro Pérez, J.; Mosciaro, M. A.; Tosi, J. C.; García, C. D. y Marinissen, J. (2009). Sistemas agropecuarios representativos de Villarino y Patagones. INTA Hilario Ascasubi. *Proyecto Regional “Diagnóstico y prospectivas socioeconómicas de sistemas y cadenas productivas del área del CERBAS para el fortalecimiento de la capacidad de gestión regional”*.

La Hora. (2015). Cultivos afectados por las heladas. Recuperado de <https://lahora.com.ec/noticia/1101870460/cultivos-afectados-por-las-heladas>

La Nación. (2019). Evaluación: qué daños provocó la primera helada del año. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/evaluacion-que-danos-provoco-primera-helada-del-nid2225353>

La Nación. (2019). En imágenes: lo que dejó la primera helada del año. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/en-imagenes-lo-dejo-primer-helada-del-nid2223587>

La Nueva. (2013). Las heladas tendrán la última palabra. Recuperado de <https://www.lanueva.com/nota/2013-3-21-9-0-0-las-heladas-tendran-la-ultima-palabra>

La Nueva. (2018). Portazo: Las entidades rurales dejan el consejo regional del Plan de Desarrollo del SOB. Recuperado de <https://www.lanueva.com/nota/2018-9-19-16-59-0-portazo-las-entidades-rurales-dejan-el-consejo-regional-del-plan-de-desarrollo-del-sob>

Long, M. E. F., Barnatan, I. E. y Spesciia, L. (2005). Caracterización de las heladas en la Región Pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. *Revista de la facultad de agronomía*. Universidad de Buenos Aires, 25(3), 247-257.

Martínez, N. S. y Larios, J. A. C. (2020). Sistema contra heladas, un recurso para aumentar la productividad en cultivos con entornos cerrados en el Occidente de México. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 13, 589-603.

Maté, Vidal. (2017). Las heladas arrasan los cultivos hortícolas en la UE y disparan los precios. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/economia/2017/01/15/actualidad/1484507581_687784.html

Matsangouras, IT, Nastos, PT, Bluestein, HB y Sioutas, MV (2014). Una climatología de la actividad tornádica sobre Grecia basada en registros históricos. *Revista internacional de climatología*, 34 (8), 2538-2555.

Meoli, F. (fmeolimeoli). (16 de agosto del 2017). *Cnel Pringles helada como las de antes....decía un vecino..el Trigo está feliz dijo Román..... últimos lotes sembrados van asomando*. [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/FmeoliMeoli/status/897866639051550720/photo/1>

Meteo Navarra. (2020). Web de meteorología y climatología de Navarra. Elementos y factores del clima. Tipos de climas. Gobierno de Navarra, España. Recuperado de <http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. (2019). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/ambiente-presento-una-herramienta-para-alertar-sobre-sequias-en-el-sudoeste-bonaerense>

Ministerio de Agroindustria. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/agroindustria>

- 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. (2013). *Agrometeorología*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Observatorio de Estadísticas Regionales. Recuperado de <https://www.oer.uns.edu.ar/>
- Organización Meteorológica Mundial. (1966). Vocabulario Meteorológico Internacional. Ginebra: WMO.
- Pejenaute Goñi, J. M. (1990). *Tipos de tiempo y clima de las comarcas navarras*. Gobierno de Navarra, Departamento de Educación, Cultura y Deporte. Geografía N° 7.
- Pereyra, F. X. (2003). *Ecoregiones de la Argentina*. Anales 37. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino.
- Pezzola, N. A. (2018). *Heladas en la agricultura*. Informe Técnico. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Picone, N. y Campo, A. (2010). Utilización del método de interpolación IDW para el análisis de precipitaciones en la ciudad de Tandil. En Carbone, M. E., Melo, W. D. y Ángeles, G. R. (Editores), *Tecnologías de la Información Geográfica del sur argentino*. Capítulo N° 4. Sección 2: Climatología – Agricultura – Procesos. ISBN 978-987-1648-09-2. pp. 45 – 51.
- Portalfrutícola. (2019). Granizos y heladas dañan 12.000 hectáreas de cultivos en España. Recuperado de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/04/11/granizos-y-heladas-danan-12-000-hectareas-de-cultivos-en-espana/>
- Portal oficial del Estado argentino. (2020). Ley 13.647. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-13647-123456789-0abc-defg-746-3100bvorpyel/actualizacion>
- Ramos, M. B. (2014). *Biometeorología humana en la ciudad de Punta Alta* (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Ramos, M. B. y Campo, Alicia M. (2008). Caracterización de estados de tiempo en el suroeste bonaerense, Argentina. *Revista de geografía Norte Grande*, (40), 85-97.
- Rasilla Álvarez, D. F. (2003). Aplicación de un método de clasificación sinóptica a la Península Ibérica. *Investigaciones geográficas*, 30, 27-45.

- Repetto, A. (2014). Caracterización del régimen de heladas en General Pico, provincia de La Pampa (Argentina) en el período 1973-2013. *Semiárida*, 27(1), 48.
- Rueda, G. D. (2019). El escenario de sequía en la zona es similar al de los años 2008 y 2009. *La Nueva*. Recuperado de <https://www.lanueva.com/nota/2019-12-29-6-30-0-la-zona-esta-por-ingresar-a-un-deja-vu-la-seca-ya-se-parece-a-la-de-2008-2009>
- Ruffault, J., Moron, V., Trigo, RM y Curt, T. (2016). Identificación objetiva de múltiples grandes climatologías de incendios: una aplicación a un ecosistema mediterráneo. *Cartas de investigación ambiental*, 11(7), 075006.
- Ruiz Urrestarazu, E. (1978). Los tipos de tiempo en la llanada occidental alavesa. *Lurralde: Investigación y espacio*, (1), 129-282.
- Saladillo Campo. (2020). Heladas: los mayores daños se ven en lotes de trigo de ciclos cortos de Córdoba y Santa Fe. Recuperado de <https://saladillocampo.com.ar/blog/2020/08/21/heladas-los-mayores-danos-se-ven-en-lotes-de-trigo-de-ciclos-cortos-de-cordoba-y-santa-fe/2/>
- San Gil, J., De Rivera, J. y González, J. (1986). Tiempo atmosférico, clima y psicopatología. Sandín B. *Aportaciones recientes a la Psicopatología*. Madrid: Editorial Novamedia.
- Seluchi, M. E. y Nery, J. T. (1992). Condiciones meteorológicas asociadas a la ocurrencia de heladas en la región de Maringá. *Revista Brasileira de Meteorología*, 7 (1), 523-534.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2020). Recuperado de <https://www.smn.gob.ar/>
- Servicio Meteorológico Nacional. (1985). Heladas: orígenes, tipos y métodos para combatirlas. Boletín Informativo N° 17.
- Sommantico, S. (2018). Campos bonaerenses de girasol fueron dañados por las heladas tardías. *Infocampo*. Recuperado de <https://www.infocampo.com.ar/campos-bonaerenses-de-girasol-fueron-danados-por-las-heladas-tardias/>
- Straschnoy, J. V., Di Bella, C. M., Jaimes, F. R., Oricchio, P. A. y Rebella, C. M. (2006). Caracterización espacial del estrés hídrico y de las heladas en la región pampeana a partir de información satelital y complementaria. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(2), 117-141.
- Theoharatos, G., Pantavou, K., Mavrakakis, A., Spanou, A., Katavoutas, G., Efstathiou, P. y Asimakopoulos, D. (2010). Olas de calor observadas en 2007 en Atenas, Grecia: condiciones

sinópticas, evaluación bioclimatológica, niveles de calidad del aire y efectos sobre la salud. *Investigación ambiental*, 110 (2), 152-161.

Vanzolini, J. I; Cepeda, J.; Urrutia, G. y Cantamutto, M. (2016). Inusual daño por frío tardío. Informe técnico. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Vilatte, C., Aguas, L. y Navarro, M. (2008). Régimen agroclimático de heladas en Azul, provincia de Buenos Aires. *Agro-Ciencia*, 18(2), 143-146.

Watson, R. T. (edit.). (2001). Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Anexo B. Glosario de términos. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

8. ANEXO

1. Rendimientos anuales de los principales cultivos del suroeste bonaerense

1.1. Partido de Adolfo Alsina

Figura 29

Rendimiento de cultivos en el partido de Adolfo Alsina

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	2499	3000	5000	1478	2200
2016/17	2898	3600	5900	2635	2000
2015/16	2699	3100	5000	2944	2100
2014/15	2698	2900	3100	1766	2100
2013/14	2001	2400	2200	985	900
2012/13	3097	3100	4600	1966	2200

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.2. Partido de Bahía Blanca

Figura 30

Rendimiento de cultivos en el partido de Bahía Blanca

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	1800	3500	0	0	800
2016/17	1900	2000	6500	0	600
2015/16	2600	2700	0	0	900
2014/15	1700	2160	0	0	1000
2013/14	2100	2300	0	0	600
2012/13	1300	2341	6000	0	900

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.3. Partido de Coronel Dorrego

Figura 31

Rendimiento de cultivos en el partido de Coronel Dorrego

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	3300	3700	5300	1082	1800
2016/17	2300	3200	6100	1769	1400
2015/16	3608	3700	6800	1868	1490
2014/15	2575	2700	6000	1202	1700

2013/14	3107	3600	5500	1146	1100
2012/13	2673	3100	4000	1442	1400

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.4. Partido de Coronel Rosales

Figura 32

Rendimiento de cultivos en el partido de Coronel Rosales

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	3500	4300	4000	0	1000
2016/17	2000	3700	7000	0	700
2015/16	2798	3500	0	0	1000
2014/15	2101	2800	0	0	1000
2013/14	2300	4200	0	0	700
2012/13	1400	2552	0	0	1114

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.5. Partido de Coronel Pringles

Figura 33

Rendimiento de cultivos en el partido de Coronel Pringles

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	3300	3700	5300	1380	2000
2016/17	2300	3200	7100	1569	1500
2015/16	3923	3800	6300	2579	1786
2014/15	2716	2700	6500	1508	1700
2013/14	3101	4100	5000	1337	1200
2012/13	2801	2700	4000	933	1800

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.6. Partido de Coronel Suárez

Figura 34

Rendimiento de cultivos en el partido de Coronel Suárez

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	3200	3800	5000	1200	1400
2016/17	2900	3700	5500	2429	2200
2015/16	3200	3100	5800	2803	2200
2014/15	3003	3000	4700	2569	2000

2013/14	3200	3000	4400	1372	1500
2012/13	3986	3100	4500	2021	2000

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.7. Partido de Guaminí

Figura 35

Rendimiento de cultivos en el partido de Guaminí

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	2500	2800	5000	2410	2200
2016/17	3690	4300	7200	3214	2300
2015/16	2698	3400	8300	3690	2300
2014/15	2795	3100	5200	2624	2600
2013/14	2790	2800	4800	1946	1900
2012/13	3093	3100	7000	2987	2650

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.8. Partido de Patagones

Figura 36

Rendimiento de cultivos en el partido de Patagones

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	1100	1550	7400	0	1300
2016/17	1700	1700	0	0	2300
2015/16	1904	0	8000	0	2100
2014/15	1686	1800	7500	0	700
2013/14	1120	800	7500	1800	1100
2012/13	1104	2703	7000	1800	1800

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.9. Partido de Puan

Figura 37

Rendimiento de cultivos en el partido de Puan

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	2597	3700	5000	1376	1400
2016/17	3000	3800	5500	2476	1100
2015/16	2800	3000	4500	2451	2300
2014/15	3187	2800	3800	2031	1700

2013/14	2602	2600	3000	773	1000
2012/13	2200	2600	3500	894	1200

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.10. Partido de Saavedra

Figura 38

Rendimiento de cultivos en el partido de Saavedra

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	3100	3800	5000	1388	1400
2016/17	2800	3800	5500	2462	2200
2015/16	3000	3000	5300	2916	2300
2014/15	2603	2700	4800	2706	1900
2013/14	2305	2600	3500	1194	1200
2012/13	3491	2800	4000	1883	1900

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.11. Partido de Tornquist

Figura 39

Rendimiento de cultivos en el partido de Tornquist

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	3000	3700	5000	1369	1400
2016/17	2800	3800	5500	2191	1900
2015/16	2989	3300	4000	1930	2200
2014/15	2601	2500	3800	1800	1700
2013/14	2301	2300	3000	984	1100
2012/13	2698	2500	3500	1412	1300

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

1.12. Partido de Villarino

Figura 40

Rendimiento de cultivos en el partido de Villarino

	Rendimiento en Toneladas (kg/ha)				
Campañas	Trigo	Cebada	Maíz	Soja	Girasol
2017/18	1500	1500	7400	0	1400
2016/17	1200	0	0	0	2300
2015/16	2008	0	8000	0	2100
2014/15	1603	1600	8000	0	700

2013/14	1400	900	7000	1800	1100
2012/13	1000	2000	7000	1800	1900

Fuente: Lambrecht, Y., 2020, sobre la base del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

2. Encuesta destinada a productores agrícolas del suroeste bonaerense

1. Partido al cual pertenece

- Adolfo Alsina
- Bahía Blanca
- Coronel Dorrego
- Coronel Pringles
- Coronel Rosales
- Coronel Suárez
- Guaminí
- Monte Hermoso
- Patagones
- Puan
- Saavedra
- Tornquist
- Villarino

2. ¿Cómo valoraría del 1 al 4 el evento extremo que más afecta a su región? (1: mayor afectación)

____ Inundaciones

____ Sequías

____ Heladas extremas

____ Incendios

3. ¿Considera que las heladas afectan a los cultivos?

- Sí
- No

4. ¿Cuáles son los cultivos más afectados por las heladas?

- Trigo
- Cebada
- Soja
- Girasol
- Maíz
- Otros

5. ¿En qué época ocurren las heladas más perjudiciales en su región?

- Previo al invierno
- Invierno
- Luego del invierno

6. ¿Tuvo alguna experiencia que haya perjudicado su producción por heladas?

- Sí
- No

7. Si la respuesta fue positiva ¿Podría relatar brevemente el/los sucesos? (fecha, afectaciones, etc.)

8. ¿Tiene herramientas/técnicas para combatir las heladas?

- Sí
- No

9. Si la respuesta fue afirmativa. ¿Cuáles son?