



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

FACULTAD DE HUMANIDADES

LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

**Análisis del comportamiento espacial y temporal
de las heladas meteorológicas en la provincia del
Chaco desde 1981 hasta 2010**

Tesis de Grado presentada para optar al Título de Licenciada en Geografía de la UNNE

Tesista: María de los Ángeles Martínez Jiménez

Directora de Tesis: Patricia Perla Snaider

Resistencia, Diciembre de 2020

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a *mis padres*, y especialmente a mi ***mamá*** que, aunque hoy está ausente físicamente, ha generado las oportunidades con gran esfuerzo y sacrificio, para posibilitarme el acceso a estudios de nivel superior; por haberme acompañado, hasta lo que pudo, en el camino del estudio, inculcando valores como la responsabilidad, el esfuerzo y el compromiso.

AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Nacional del Nordeste* por brindarme el espacio de formación académica, tanto en docencia como en investigación.

A los integrantes del *Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades* por proporcionarme, por un lado, el espacio físico para concretar la investigación y el material necesario para hacerlo (datos, bibliografía, etc.); y por otro, compartir tanto sus conocimientos en la temática como en las técnicas y procedimientos factibles de aplicarlos en el trabajo; y fundamentalmente por brindarme su apoyo y preocupación por el “estado” de mi tesis.

A la *Prof. Patricia Snaider y Directora de Tesis* que, desde los inicios, sembró en mí la semilla de la investigación y principalmente el gusto sobre el tema de “las heladas”, que me incentivó a seguir adelante cuando yo ya no tenía ánimo de hacerlo y que ha sido una guía importante en la elaboración de los mapas.

A la *Dra. Liliana Ramírez* que, desde los comienzos, me ha enseñado a usar los SIG, con paciencia y dedicación.

Al *Servicio Meteorológico Nacional* que me ha brindado información valiosa para desarrollar la investigación.

Al *Ing Agr. Germán Herrera* del *INTA Las Breñas* que tan amablemente me ha ayudado proporcionándome datos de suma utilidad.

Al *Mg. Cristian Da Silva* por incentivar me, ayudarme y responder mis consultas en el uso de los SIG.

Al *Lic. Pedro Blanco*, por brindarme amablemente datos necesarios para completar la investigación.

A mis *familiares, amigos y todos aquellos* que, de una forma u otra, incentivaron y me apoyaron en este camino con aciertos y tropiezos.

Y agradecer a *Dios*, que siempre ha iluminado mi camino y me ha brindado las posibilidades para seguir adelante.

ÍNDICE (Contenidos)

INTRODUCCIÓN.....	8
Hipótesis.....	8
Objetivos.....	9
Estructura del Trabajo.....	9
 CAPÍTULO I: <i>DELIMITACIÓN DEL TEMA Y DEL ESPACIO DE ESTUDIO</i>.....	10
1.1. Definición del tema de investigación.....	10
1.2. Justificación de la temática elegida.....	11
1.3. Delimitación y caracterización del espacio de estudio.....	11
1.4. Disponibilidad de fuentes estadísticas.....	17
1.5 Antecedentes y experiencias previas sobre el tema de investigación.....	19
 CAPÍTULO II: <i>MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO</i>.....	22
2.1. Factores de la formación de las heladas.....	22
2.2. Clasificación de las heladas.....	23
2.3. Métodos y técnicas empleadas.....	25
 CAPÍTULO III: <i>FRECUENCIA DE LAS HELADAS METEOROLÓGICAS EN LA PROVINCIA DEL CHACO</i>.....	28
3.1 Frecuencia media anual.....	28
3.2 Frecuencia anual.....	32
3.3. Años con mayor cantidad de días con helada y años sin helada.....	34
 CAPÍTULO IV: <i>PERÍODO CON HELADAS</i>.....	38
4.1. Duración	38
4.2. Heladas tempranas y tardías.....	39
4.3 Momentos de ocurrencia.....	45
 CONCLUSIÓN.....	49

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
Fuentes estadísticas.....	55
Otras fuentes.....	55
Páginas web consultadas.....	56
ANEXO.....	57

ÍNDICE (Tablas)

Tabla N° 1: <i>Regímenes Hígricos de la provincia del Chaco (década 1951-60)</i>	13
Tabla N° 2: <i>Temperatura media anual de las estaciones de la provincia del Chaco (década 2001-10)</i>	13
Tabla N° 3: <i>Monto anual de precipitaciones de las estaciones de la provincia del Chaco (promedio de la década 2001-10)</i>	15
Tabla N° 4: <i>Estaciones de la provincia del Chaco</i>	17
Tabla N° 5: <i>Frecuencia media anual de heladas</i>	28
Tabla N° 6: <i>Valores máximos y mínimos de frecuencia de heladas</i>	29
Tabla N° 7: <i>Años con mayor cantidad de días con helada</i>	34
Tabla N° 8: <i>Años con el fenómeno Niño/Niña</i>	35
Tabla N° 9: <i>Años sin heladas</i>	36
Tabla N° 10: <i>Fecha extrema de las primeras y últimas heladas y período con heladas</i>	38
Tabla N° 11: <i>Años con heladas según época de ocurrencia en Colonia Benítez</i>	47
Tabla N° 12: <i>Años con heladas según época de ocurrencia en Las Breñas</i>	47
Tabla N° 13: <i>Años con heladas según época de ocurrencia de heladas en Resistencia</i>	47
Tabla N° 14: <i>Fechas extremas de heladas y momentos de ocurrencia</i>	48

ÍNDICE (Figuras)

Figura N° 1: <i>Isotermas medias anuales de la provincia del Chaco</i> (década 2001-10).....	14
Figura N° 2: <i>Isohietas medias anuales de la provincia del Chaco</i> (período 1956-2017).....	15
Figura N° 3: <i>Regiones naturales de la provincia del Chaco</i>	16
Figura N° 4: <i>Estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco</i>	18
Figura N° 5: <i>Frecuencia media anual de días con helada. Década 1981-90</i>	29
Figura N° 6: <i>Frecuencia media anual de días con helada. Década 1991-00</i>	30
Figura N° 7: <i>Frecuencia media anual de días con helada. Década 2001-10</i>	31
Figura N° 8: <i>Frecuencia anual de heladas de Colonia Benítez (período 1980-2010)</i>	32
Figura N° 9: <i>Frecuencia anual de heladas de Resistencia (período 1980-2010)</i>	33
Figura N° 10: <i>Frecuencia anual de heladas de Las Breñas (período 1980-2010)</i>	33
Figura N° 11: <i>Fecha de la primera helada. Década 1981-90</i>	41
Figura N° 12: <i>Fecha de la primera helada. Década 1991-00</i>	41
Figura N° 13: <i>Fecha de la primera helada. Década 2001-10</i>	42
Figura N° 14: <i>Fecha de la última helada. Década 1981-90</i>	43
Figura N° 15: <i>Fecha de la última helada. Década 1991-00</i>	44
Figura N° 16: <i>Fecha de la última helada. Década 2001-10</i>	44
Figura N° 17: <i>Período con heladas en Colonia Benítez (1980-2010)</i>	45
Figura N° 18: <i>Período con heladas en Resistencia (1980-2010)</i>	46
Figura N° 19: <i>Período con heladas en Las Breñas (1980-2010)</i>	46

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Final se corresponde con la Tesis de Grado para alcanzar el título de la Licenciatura en Geografía, el cual versa sobre el análisis del comportamiento espacial y temporal de las heladas en la provincia del Chaco en un período de 30 años (desde la década de 1981-90 hasta la de 2001-10).

Una helada es un fenómeno natural que ocurre cuando la temperatura del aire desciende a un valor de 0° C o inferior al mismo. Desde el punto de vista geográfico y agronómico existe una clasificación de heladas, en meteorológicas y agrometeorológicas. En esta investigación se aborda el análisis de heladas correspondientes al primer tipo.

En dicho trabajo, se hará especial hincapié en el estudio de la frecuencia del fenómeno meteorológico y su distribución espacial; duración del período con heladas y momentos de ocurrencia de heladas tempranas y tardías.

En el espacio de estudio, es decir la provincia del Chaco (localizada en el nordeste de la República Argentina entre los paralelos de 24° y 28° de latitud Sur y entre los meridianos de 58° y 64° de longitud Oeste) la ocurrencia de heladas es un fenómeno que se presenta con gran variabilidad temporal, razón por la cual es necesario entablar el análisis del mismo a través del tiempo –en este caso, en un período de 30 años que se extiende desde la década de 1981-90 hasta la de 2001-10- mediante el análisis estadístico, gráfico y cartográfico.

Hipótesis

“Las heladas constituyen un fenómeno meteorológico que fluctúa, tanto desde el punto de vista espacial como temporal, se distribuyen de manera irregular en el espacio y carecen de regularidad cronológica en un relativamente corto período de tiempo en el año”

Objetivos

Objetivo general

- Conocer el comportamiento, evolución y variación espacial y temporal de las heladas en la provincia del Chaco desde el año 1981 hasta el 2010.

Objetivos específicos

- Analizar la distribución espacial de la frecuencia de heladas meteorológicas en la provincia del Chaco durante los 30 años, lo que permitirá identificar las áreas que presentan mayor ocurrencia de heladas.
- Explicar la evolución de las heladas meteorológicas en la provincia desde 1981 hasta el 2010.
- Estudiar el comportamiento temporal de las heladas meteorológicas en la provincia del Chaco, a partir de la identificación del período extremo de heladas tempranas y tardías desde la década de 1981-90 hasta la de 2001-10.

Estructura del trabajo

Esta tesis se halla organizada en cuatro capítulos. Los dos primeros se refieren específicamente a cuestiones inherentes al proceso de investigación: en el primero se presenta la definición del tema y su justificación, delimitación del espacio de estudio y los antecedentes; mientras que, en el segundo, se expone el marco teórico y la metodología utilizada. En los dos capítulos siguientes se narran netamente los resultados alcanzados: el tercero gira en torno al análisis de la distribución espacial de la frecuencia de las heladas meteorológicas en la provincia del Chaco durante el período de estudio y el cuarto alude al período con heladas y los momentos de ocurrencia de las mismas.

Por último, se presentan las conclusiones del trabajo, las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO I: *DELIMITACIÓN DE TEMA Y ESPACIO DE ESTUDIO*

1.1. Definición del tema de investigación

La temática de investigación del presente trabajo se denomina **“Análisis del comportamiento espacial y temporal de las heladas meteorológicas en la provincia del Chaco desde 1981 hasta 2010”**.

Se considera como “helada meteorológica” a aquella que ocurre cuando el termómetro de mínima -ubicado en el abrigo meteorológico a 1,5 m del suelo- registra valores iguales o inferiores a 0° C (Burgos, 2011).

Es menester aclarar que, según el registro de la temperatura del aire, existe otro tipo de helada; puesto que, a nivel agronómico, pueden producirse daños en las plantas con temperaturas mayores a 0° C medidos en el refugio meteorológico; es por ello que, las consideradas “heladas agrometeorológicas” son aquellas que se producen cuando dicho termómetro indica un valor de 3 o 4° C, debido a que la temperatura de los órganos de la planta suele estar unos pocos grados más baja que la del aire. En este trabajo sólo se aborda el estudio del primer tipo de heladas, ya que es un estudio geográfico y a nivel general, puesto que las segundas son mayormente utilizadas como información relevante para estudios de tipo agronómico.

Según la Agencia Estatal de Meteorología- AEMET- (2018) en su Diccionario de Meteorología o Meteoglosario Visual se considera a dicho fenómeno como hidrometeoro, ya que por definición éste es un “meteoro que tiene lugar en la Tropósfera o en la superficie del globo y consiste en la precipitación, suspensión, levantamiento de la superficie terrestre por el viento o depósito de partículas acuosas líquidas o sólidas”. En nuestro caso, el evento meteorológico de estudio se inscribe en éste último tipo, junto con el rocío y la cencellada, entre otros.

Un estudio profundo del evento meteorológico radica gran importancia ya que:

El fenómeno de la helada constituye uno de los accidentes del tiempo que más pérdidas causa a la agricultura en la Argentina, de las cuales una buena parte podría evitarse, si al adecuado conocimiento del fenómeno siguiera un conveniente desarrollo tecnológico de los medios de defensa. (Burgos, 2011, XVII)

La peligrosidad que representa este evento adverso ha motivado el análisis del mismo en la provincia del Chaco, el cual se presenta como un fenómeno variable en tiempo (ya que no se muestra

con la misma regularidad todos los años) y en espacio (ya que se advierten ciertas áreas más propicias para la ocurrencia del mismo).

1.2. Justificación de la temática elegida

Como se mencionó anteriormente, una helada es un fenómeno meteorológico asociado a un descenso de la temperatura del aire. La formación de dicho hidrometeoro puede provocar daños parciales o totales en las plantas, dependiendo del grado de sensibilidad que tengan las mismas a una disminución térmica considerable.

Las heladas ocurren con mayor frecuencia e intensidad en determinadas épocas del año, más precisamente en el invierno donde las temperaturas inferiores a 0° C se presentan con mayor regularidad. Sin embargo, no son las heladas invernales las más dañinas, sino por el contrario, las que se producen fuera de esta época. Como lo expresa Burgos (2011) la falta de regularidad cronológica en la ocurrencia de heladas condiciona al fenómeno como un evento adverso y le otorga un carácter de riesgo para la actividad agrícola por los perjuicios económicos que ocasiona su aparición.

“El resultado de las actividades agropecuarias está condicionado por distintos riesgos entre los cuales las adversidades climáticas son de especial relevancia por su impacto y gran variabilidad” (Fernández Long y Barnatán, 2016, p. 315).

Los cultivos, por ejemplo, no se ven afectados por las heladas ocurridas en la estación invernal sino por aquellas que se producen en forma temprana o tardía, es decir las que ocurren antes del invierno y luego del mismo (otoñales y primaverales respectivamente), que son las que mayores daños provocan en las plantas. Como lo menciona Burgos (2011) “las heladas primaverales y otoñales deben caracterizarse más por la época en la que se producen que por su intensidad” (p. 3). Los daños serán más severos dependiendo de la sensibilidad que tenga la planta a las bajas temperaturas.

Como expone Baeza Gala (1993) “las heladas son uno de los elementos del clima más temidos dentro del ámbito agrícola debido a su difícil predicción y sistemas para combatirlas” (p. 37). De allí deriva la importancia del estudio geográfico de las mismas, a nivel espacial y temporal.

1.3. Delimitación y caracterización del espacio de estudio

El espacio de estudio corresponde a la provincia del Chaco, situada entre los paralelos de 24° y 28° de latitud Sur y entre los meridianos de 58° y 64° de longitud Oeste. Comprende, junto a las provincias de Misiones, Formosa y Corrientes, la región del Nordeste argentino.

Limita al Norte con la provincia de Formosa, al Este con Paraguay y la provincia de Corrientes; al Sur con la provincia de Santa Fe y al Oeste con la provincia de Santiago del Estero y Salta.

Posee un relieve llano, que se extiende desde unos 50 metros sobre el nivel del mar en la ribera del surco fluvial, en el sector oriental, hasta unos 200 m aproximadamente en el sector occidental de la provincia (Bruniard, 1978).

No obstante, la escasa energía del relieve, las pequeñas diferencias de pendiente -discernibles a través de la dinámica de las aguas superficiales y de sus reflejos en el mundo biológico- son de capital importancia en cuanto ellas han determinado las diversas posibilidades que ofrece la planicie para la ocupación humana. (Bruniard, 1978, p. 24)

Dicha provincia posee ríos autóctonos y alóctonos en constante desplazamiento horizontal, corrientes de agua que se presentan en forma permanente o temporaria, características que según Bruniard (1978) "... denuncian una marcada inestabilidad, en el espacio y en el tiempo, que se asocia genéticamente a la débil pendiente general, a las dislocaciones tectónicas, al gradiente y régimen pluviométrico y a cambios climáticos recientes" (p. 27).

La provincia del Chaco se inscribe dentro de la franja que le corresponde a los climas templados según Suppan (citado en Blanco y Snaider, documento de archivo, 2020), propios de latitudes medias. De acuerdo al criterio de Troll, se halla dentro del dominio extratropical -cuya particularidad principal es que la amplitud térmica anual es superior a la diurna- (citado en Blanco y Snaider, documento de archivo, 2020).

Según Bruniard (1992) para determinar el tipo de clima de una localidad se utilizan dos parámetros, basados en los elementos del clima más importantes; por un lado, el Índice de Aridez de De Martonne que visibiliza las condiciones de humedad de un lugar a partir de la definición del Régimen Hígrico y, por otro, el Régimen Térmico de Miller, que clasifica el clima en base a dos valores de temperatura: 6° C y 18° C.

Por su parte, el Índice de Aridez es un cálculo que consiste en el cociente entre la precipitación anual y la temperatura media anual sumada a un valor constante (10) que se utiliza para evitar resultados negativos. Los diferentes regímenes hídricos resultantes, según Bruniard (1992) a partir de dicha operación, son el árido (cuando el índice de aridez varía entre 0-10); semiárido (10-20), húmedo (20-40) e hiperhúmedo (más de 40).

Teniendo en cuenta los datos de las estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco (precipitación anual y temperatura media anual) para la década 1951-60¹, se han podido determinar los regímenes hídricos correspondientes a localidades ubicadas en distintos sectores de la provincia, como ser el Noroeste, centro, Sudoeste y Sudeste del Chaco.

A lo largo de todo el territorio provincial, el régimen hídrico predominante es el húmedo, incluso se puede destacar una estación con régimen hiperhúmedo como la de Resistencia (Tabla N° 1).

Tabla N° 1: Regímenes hídricos de la provincia del Chaco (década 1951-60)

Est. Met.	Prec. Media anual (mm)	Temp. Media anual (°C)	Índ de Aridez	Rég. Hídrico
Colonia Castelli	1068	21,2	34,2	Húmedo
P.Roque Saenz Peña	1069	21	34,4	Húmedo
Resistencia	1349	20,9	43,7	Hiperhúmedo
Villa Ángela	1124	20,5	36,8	Húmedo

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1951/60*. Servicio Meteorológico Nacional (1980). Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 34. Buenos Aires, Argentina.

El otro parámetro utilizado es el régimen térmico de Miller (1975) que establece una clasificación climática basada en dos valores térmicos: 6° C y 18°C de media mensual -límites que determinan ausencia o existencia de reposo de la vegetación y permanencia o pérdida de su follaje- para las localidades cuyo régimen hídrico resulta ser húmedo o hiperhúmedo -como es el caso de la provincia objeto de estudio- definiendo y caracterizando distintos tipos de climas y sus variedades; a saber: Clima Cálido, Templado Cálido y Frío, Frío, Polar y De Hielo (Miller, 1975).

Teniendo en cuenta ello, el territorio provincial se encuentra dentro de la franja que corresponde a los climas Templados Cálidos o Subtropicales (Miller, 1975), ya que en todos los meses las temperaturas medias mensuales son superiores a 6° C y con una temperatura media anual que ronda los 21°C, como se puede observar en la siguiente tabla para las localidades de Resistencia, ubicada en el Sudeste, y Presidencia Roque Sáenz Peña, en el centro de la provincia del Chaco (Tabla N° 2).

Tabla N°2: Temperatura media de las estaciones de la provincia del Chaco (década 2001-10)

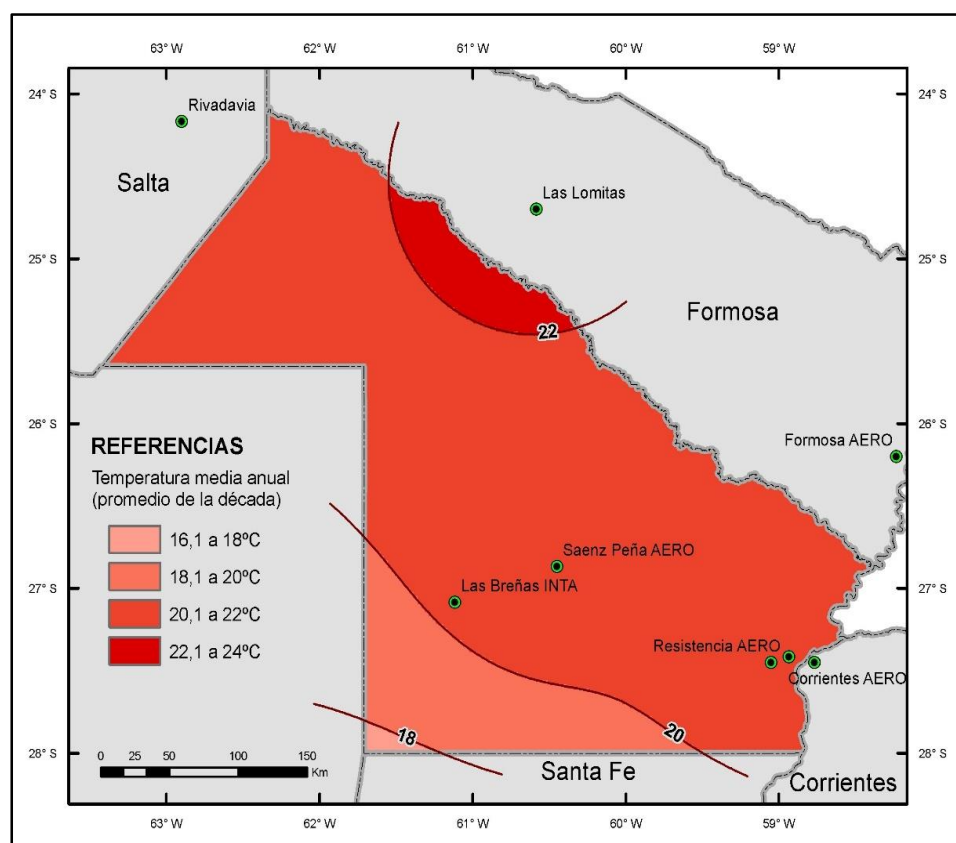
Temp. Media en °C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Resistencia AERO	27,0	26,3	25,3	21,5	16,9	16,0	15,1	16,6	18,6	22,3	23,8	25,8	21,3
P. R. S. Peña AERO	26,8	26,2	25,1	21,0	16,3	15,5	14,7	16,7	19,0	23,0	24,3	25,9	21,2

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/2010*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (Información digital).

¹ Se han considerado los datos de precipitación anual y temperatura media anual de la década 1951-60 debido a que posee mayor disponibilidad de estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio chaqueño, ya que ésta posee datos de cuatro estaciones y el resto de las décadas sólo de tres.

El comportamiento de la temperatura en la provincia del Chaco se puede visualizar a partir de la representación de la distribución de las isotermas -líneas que unen puntos de igual valor térmico- para la década 2001-2010. Allí se observa que las temperaturas medias anuales oscilan entre los 18° y los 22°C con una disposición prácticamente latitudinal reflejando una disminución de las mismas de norte a sur por efecto de la latitud (Figura N° 1).

Figura N° 1: *Isotermas medias anuales de la provincia del Chaco (década 2001-10)*



Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/2010*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (Información digital).

Por su parte, las precipitaciones se han podido observar a través de las isohietas -líneas que unen puntos de igual valor pluviométrico-. Éstas se disponen de manera prácticamente longitudinal, ya que disminuyen de Este a Oeste, por ende, son mayores en el sector oriental (con valores que rondan entre los 1100 y los 1300 mm) y van decreciendo hacia el área central y occidental de manera progresiva, con guarimos inferiores a los 800 mm. Dicha distribución está asociada a la influencia de la masa de aire Tropical Marítima, proveniente del Anticiclón del Atlántico Sur, que ingresa por el noreste argentino y va descargando su humedad de Este a Oeste. (Figura N° 2).

Figura N° 3: *Regiones naturales de la provincia del Chaco*



Fuente: “El Chaco Oriental y sus fisonomías vegetales” (pág. 2). Por J. Alberto. 2006. Revista Geográfica Digita IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 3- N° 5 Enero – Junio 2006. ISSN 1668-5180. Resistencia, Chaco.

El Chaco Oriental se caracteriza por presentar precipitaciones anuales abundantes que superan los 1100 mm y un sector occidental, que tiene rasgos de aridez con un clima que se presenta más seco, y un sector central o de transición entre ambos, con precipitaciones que varían entre los 800 y 1100 mm anuales aproximadamente.

La cubierta vegetal representa la síntesis de un complejo de condiciones estructurado sobre un canon Este-Oeste. En efecto, el gradiente climático se visualiza nítidamente en las diferentes formaciones vegetales escalonadas hacia el occidente, en el sentido en que se acentúan sus caracteres xeromorfos. (Bruniard, 1978, p. 32)

Según Bruniard (1981) las características más distintivas del clima de la provincia “...están determinadas por la convergencia periódica de masas de aire de origen tropical y polar; la sucesión regular que deriva de esa alternancia y el dominio estacional de una y otra constituyen el factor fundamental en su explicación” (p. 27). En base a ello, podemos decir que nuestra provincia se enmarca dentro de un clima de tipo “dependiente” según Conrad (1942, citado en Blanco y Snaider, documento de archivo, 2020), ya que como se mencionó anteriormente se caracteriza por el predominio de influencias exteriores (masas de aire) generadas en regiones alejadas, percibiéndose *in situ*

características transportadas por las mismas. En relación a ello Bruniard (1981) expone que en el espacio de estudio "...el cuadro estacional estable, que deriva de la radiación solar, es alterado habitualmente y con resultados decisivos, por la advección de masas de aire frío diferenciadas que introducen un elemento de marcada irregularidad" (p. 39).

La ubicación de la provincia (entre 24° y 28° de latitud sur y 58° y 64° de longitud oeste) y los caracteres mencionados de la circulación atmosférica hacen que la cuota de incertidumbre del productor agropecuario de esta llanura sea significativa: lluvias tempranas y/o tardías, ausencia de lluvias, granizo y tormentas, heladas tempranas y/o tardías o lluvias en exceso son algunos de los posibles escenarios, con el agregado que los ciclos secos y húmedos pueden prolongarse durante varios años y luego girar bruscamente hacia condiciones opuestas. (Cuadra, 2009, p. 1)

1.4. Disponibilidad de fuentes de datos estadísticos

Una vez descriptas las características físicas del espacio de estudio, se hará mención a la disponibilidad de datos para concretar esta investigación. Se han trabajado con cuatro estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco (Tabla N° 4), las cuales se encuentran localizadas en el espacio de estudio (Figura N° 4).

Tabla N° 4: Estaciones de la provincia del Chaco

Est. Meteorológica	Latitud	Longitud	Altura (en ms)
Colonia Benítez INTA	27° 25' S	58° 56' O	54
Las Breñas INTA	27° 05' S	61° 07' O	102
P. Roque Saenz Peña AERO	26° 45' S	60° 24' O	93
Resistencia AERO	27° 27' S	59° 03' O	52

Fuente: Elaborado en base a información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional

Figura N° 4: Estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco



Fuente: Elaborado en base a información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional

De dichas estaciones meteorológicas se han obtenido los siguientes datos, proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a fin de concretar la investigación:

a) Frecuencia media anual de heladas de las décadas de 1981-90, 1991-00 y 2001-10, valores que se hallan publicados en las Estadísticas Climatológicas del SMN de las tres décadas, excepto de Las Breñas que sólo figuran los guarismos correspondientes a la primera (Anexo 1).

b) Fechas extremas de ocurrencia de heladas (de primera y última)² de las décadas de 1981-90, 1991-00 y 2001-10 de la casi totalidad de estaciones, publicadas en las Estadísticas mencionadas anteriormente, salvo de Las Breñas en lo concerniente a las dos últimas décadas (Anexo 2).

c) Frecuencia mensual de heladas durante un período de 30 años (desde 1981 hasta el 2010) de sólo tres estaciones: Colonia Benítez INTA³, Las Breñas INTA y Resistencia AERO⁴ (Anexo 3).

² A diferencia de otros trabajos previos (Martínez Jiménez et al., 2013), (Martínez Jiménez y Snaider, 2014), (Martínez Jiménez et al. 2016) y (Martínez Jiménez y Snaider, 2017) en los cuales las fechas extremas de primera y última helada se calculaban a partir de las temperaturas mínimas mensuales, en esta Tesis dichos datos no son calculados sino que se han extraído de las Estadísticas Climatológicas del SMN.

³ Hace referencia a las estaciones dependientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

⁴ Se refiere a las estaciones ubicadas en el Aeropuerto.

Como se ha descripto anteriormente, algunas estaciones de las Estadísticas Climatológicas del SMN presentan series de datos de heladas de manera incompleta, por lo cual fue necesario subsanar estos inconvenientes de diferentes maneras:

a) En el caso de Las Breñas INTA, la falta de datos de frecuencia media de heladas de las décadas de 1991-00 y 2001-10 -puesto que no se hallan publicados en las Estadísticas Climatológicas- fue reemplazado por el guarismo surgido a partir del cálculo del promedio de la frecuencia anual de helada de dichas décadas proveniente del Servicio Meteorológico Nacional.

b) Por su parte, la información faltante referente a fechas extremas de heladas de Las Breñas INTA de las últimas dos décadas fue obtenida, en primer lugar, del Ciag (Centro de Información Agroclimática)⁵ en lo concerniente a la fecha extrema de primera helada de la década de 1991-00. Por su parte, tanto la fecha de última helada de la segunda década como la de primera y última de la década 2001-10, fue reemplazada por el dato del mes en los que se produjeron dichas heladas, obtenido a partir de la frecuencia mensual de heladas para el período de estudio, datos suministrados por el SMN.

c) En lo que respecta a la estación meteorológica de P. Roque Sáenz Peña AERO no se ha podido tener acceso a los datos de frecuencia media anual de la última década ni frecuencia mensual de heladas desde el año 1981 hasta el 2010.

1.5. Antecedentes y experiencias previas sobre el tema de investigación

Existen trabajos publicados en torno al estudio del comportamiento de las heladas, tanto referidos a nuestro país como aquellos que estudian determinados sectores del mismo.

Autores de renombre han concretado en sus investigaciones la caracterización del régimen de heladas a escala nacional, como por ejemplo, Burgos (1963), quien fuera uno de los pioneros en el estudio en profundidad del fenómeno de las heladas en nuestro país, mediante el análisis de datos de 211 estaciones meteorológicas argentinas; también se puede destacar la obra de Damario et al. (1996), en la cual determinaron las fechas medias y extremas de heladas y realizaron las cartas climáticas de las mismas para nuestro país. Por su parte, Fernández Long y Barnatán (2016) hacen referencia, por un lado, a los factores que inciden en la formación del hidrometeoro y los daños que se generan como consecuencia y, por otro, realizaron una caracterización agroclimática del fenómeno meteorológico a través de varios parámetros, utilizando datos de las estaciones meteorológicas de la Argentina desde la década de 1981 hasta la de 2010.

⁵ Centro de Información Agroclimática (Ciag) disponible en: https://www.agro.uba.ar/heladas/lasbrenas_inta_0.htm

También se cuenta con otros antecedentes que estudian el fenómeno meteorológico y su influencia a nivel regional, uno de ellos ha sido Bruniard (1981) que en su Tesis Doctoral referida al clima de las planicies del Norte Argentino, aborda el estudio de la frecuencia y duración del período con heladas en dicha región. Además, Bruniard et al. (1987 y 1998). han concretado el análisis del régimen, frecuencia y fechas extremas de las heladas, tanto en el Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco como en el de la Provincia de Corrientes. Por su parte, Bruniard et al. (2001) realizaron una investigación referente a la influencia del fenómeno en el cultivo del algodón, analizando las fechas medias y extremas de heladas y la duración del período libre de heladas en la provincia del Chaco. Por otro lado, Costa y Abregú (2002) fijaron el régimen de heladas agronómicas en la localidad de Las Breñas (Chaco) en el transcurso de una década (1991-2000). Shindoi et al. (2003) determinaron el régimen agroclimático de las heladas meteorológicas y agrometeorológicas que ocurrieron en la localidad de Colonia Benítez (Chaco) desde 1978 hasta 2009. Además, Fernández Long et al. (2005), determinaron y caracterizaron la variabilidad de las heladas en la Región pampeana a lo largo de una década y Straschnoy et al. (2006) caracterizaron espacialmente la frecuencia e intensidad del hidrometeoro en la región mediante una metodología basada en indicadores generados a partir de la utilización de información satelital y complementaria. Por su parte, García et al. (2008) caracterizaron el régimen agroclimático de heladas, tanto meteorológicas como agronómicas, aplicando los métodos utilizados por Burgos, para la provincia de Santa Fe durante el período 1979-2004.

También se pueden mencionar en este apartado las experiencias previas que giran en torno a la temática y que han servido de apoyo a esta investigación. En el año 2013 se comenzó a trabajar el tema de la incidencia de las heladas sobre los cultivos de la provincia del Chaco (Martínez Jiménez et al., 2013). Durante el año siguiente, se hizo especial hincapié en la influencia de dicho fenómeno meteorológico sobre las fases (y dentro de ellas en los períodos críticos) de los principales cultivos de la provincia, en un período que se extiende desde 1951 hasta el año 2000 (Martínez Jiménez y Snaider, 2014). También dicha temática, junto con la de otros fenómenos adversos, fue llevada al ámbito escolar a través de experiencias didácticas realizadas en diferentes cursos correspondientes al Nivel Secundario (Martínez Jiménez et al., 2014) y (Pyszczyk et al., 2014). Para el año 2016, por su parte, se especificó el estudio de la influencia de las heladas de tipo “meteorológicas” en el rendimiento de los principales cultivos de las provincias del Chaco y Formosa (en un período de 40 años, desde la década del 70 hasta la de 2010), a través de un índice de correlación entre frecuencia de heladas y rendimiento agrícola; luego se analizó la incidencia de las primeras y últimas heladas en los dos cultivos posibles de verse afectados por las mismas, el girasol (Martínez Jiménez et al., 2016) y el maíz, en ambas provincias (Martínez Jiménez y Snaider, 2017). Por último, gracias a la disponibilidad de datos de número mensual y anual de heladas, se efectuó el estudio del comportamiento temporal y espacial de las mismas en la

provincia del Chaco, desde el año 1981 hasta el 2010, datos que se han obtenido desde el Servicio Meteorológico Nacional, efectuando el análisis de heladas tempranas y tardías y su influencia en los cultivos (Martínez Jiménez, 2018). Por último, también en el año 2019, se ha elaborado un capítulo de libro –enviado a publicar- en conjunto con la Prof. Snaider y el Lic. Blanco, en el cual se han analizado la variabilidad espacial y temporal de fenómenos meteorológicos extremos, entre ellos, la helada, en las provincias de Chaco y Formosa en un período que se extiende desde 1981 hasta el 2010.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

En este capítulo se hará referencia a dos aspectos fundamentales, en primer lugar, los factores que intervienen en la formación de las heladas y su clasificación y, en segundo lugar, los métodos y técnicas empleadas en la investigación.

2.1. Factores de la formación de heladas

Baeza Gala (1993) expone que los factores que favorecen la formación de heladas son los siguientes:

- **Inversión térmica de irradiación:** En cielos despejados, la irradiación tiende a perderse en las altas capas de la atmósfera y por su parte, el suelo y la vegetación que irradian, pierden calor y enfrían por contacto al aire, el cual al ser más frío se “estratifica” sobre el suelo.
- **Grado de nubosidad:** Las nubes actúan como filtros, ya que durante el día interceptan la radiación solar y de noche contrarrestan el enfriamiento del suelo por irradiación; por ende, en noches con cielo despejado, la irradiación del suelo es mayor y por lo tanto se incrementa el riesgo de formación de heladas.
- **Viento en calma:** durante la noche las capas más bajas de la atmósfera son las más frías y templadas las que se hallan a mayor altura, la ausencia de un viento que las mezcle genera un ambiente más propicio para la formación de heladas.
- **Grado de humedad en el ambiente:** las heladas de irradiación principalmente están asociadas a un bajo contenido de humedad en el aire, ya que “la sequedad del aire, posibilita una mayor irradiación de los objetos y plantas y, consecuentemente, su enfriamiento” (De Fina y Ravello, 1973, p. 191).
- **Constitución y topografía del terreno:** éste determina los lugares más propicios para la ocurrencia de heladas como, por ejemplo, los suelos pedregosos, fondo de los valles, cimas de las montañas, etc.

Además, en la Guía de Estudio N° 6 “Régimen agroclimático de heladas” (2017) se mencionan otros factores como:

- **Grado de exposición a la intemperie:** durante la noche los cuerpos (vegetales) tienden a enfriarse por irradiación, es decir, por el calor que emiten hacia el cielo y a los cuerpos vecinos. Cuanto mayor sea la exposición a la intemperie, los vegetales se enfrían más intensamente.
- **Otro de los factores, en consonancia con el anterior, es el poder emisor de los cuerpos:** éstos expuestos a la irradiación nocturna tienen diferente grado de emisividad, por ejemplo, la madera tiene bajo poder emisor, el metal alto y los vegetales tienen un poder emisor intermedio.

- Mayor densidad del aire frío: cuanto más se enfría el aire se torna más denso, deslizándose hacia lugares más bajos; se estanca y se sigue enfriando por irradiación.
- Evapotranspiración: proceso que genera una apreciable pérdida de calor de los vegetales y del suelo en su conjunto.

2.2. Clasificación de heladas

2.2.1. Según su origen

Las heladas pueden clasificarse en cuatro tipos:

- **Heladas de radiación:** “...son las que se producen por un enfriamiento rápido y pronunciado de la superficie terrestre y del aire en contacto con ella por una fuerte pérdida radiativa...” (Martín Vide, 2017, p. 65). Son aquellas que ocurren con ciertas condiciones como, por ejemplo, noches con cielo despejado, poca humedad relativa y sin presencia de viento, ya que según Castillo y Castellvi Sentis (1996) “...las condiciones enumeradas son favorables para una pérdida elevada de radiación emitida en onda larga...” (p. 223).

En nuestras latitudes (latitudes medias), las heladas de radiación suelen ocurrir a comienzos del otoño (heladas tempranas) y finales de la primavera (tardías) según Castillo y Castellvi Sentis (1996) y como se menciona en la Guía de Estudio N° 6 “Régimen agroclimático de heladas” (2017) en las áreas agrícolas de nuestro territorio este tipo de heladas es habitual.

- **Heladas de advección:** se originan por una invasión de aire frío con una temperatura inferior al punto de congelación, es decir que se dan por la llegada de “...una masa de aire muy frío, con temperatura negativa” (Martín Vide, 2017, p. 65). Pueden ocurrir en cualquier momento del día, sin tener en cuenta el estado del cielo.

- **Heladas Mixtas:** resultan de la combinación de los dos anteriores.

Ocurre cuando sobre una región se produce el avance de una masa de aire frío (aunque de temperaturas no menores de 0 °C), generalmente decrece su velocidad (vientos), con posterior enfriamiento por el balance negativo nocturno. Este proceso es muy frecuente en la zona agrícola de nuestro país, especialmente en la génesis de heladas primaverales, otoñales y aún estivales. (Guía de estudios N° 6 “Régimen agroclimático de heladas, 2017, p. 2)

- **Heladas de evaporación:** se produce cuando se evapora el agua contenida en los vegetales, con el consiguiente enfriamiento del aire que se produce, ya que de éste se absorbe el calor latente

necesario para que se genere la evaporación. Sin embargo, Ledesma Jimeno (2000) menciona que este tipo no son significativas.

2.2.2. Según los efectos visuales que se generan

Las heladas pueden clasificarse en blancas y negras:

- **Las heladas blancas**, se producen cuando la atmósfera posee elevada humedad facilitando la formación de escarcha o cristales de hielo sobre diferentes superficies (suelo, plantas, objetos, etc.). Dichas heladas se originan siempre que la temperatura mínima sea inferior a la temperatura del punto de rocío de la masa de aire. Las masas de aire húmedo dan origen a estas heladas (Guía de estudios N° 6, 2017). Según Ledesma Jimeno (2000) este tipo se asocia con las heladas de irradiación.

- **Las heladas negras**, por su parte, ocurren con condiciones equivalentes a una baja humedad relativa, característica que impide la formación de hielo. Se originan cuando la temperatura mínima permanece superior al punto de rocío. El nombre deriva de la apariencia negruzca que toman los órganos vegetales (especialmente el follaje) ya que van acompañadas de un ennegrecimiento, pocos días después de su ocurrencia, de las partes más delicadas de las plantas, que sufren la necrosis de sus tejidos. Masas de aire seco dan origen a este tipo de heladas (Guía de estudios N° 6, 2017). Según lo menciona Ledesma Jimeno (2000) éstas se asocian con las heladas de advección.

2.2.3. Según la temperatura del aire

Con respecto al registro de temperatura alcanzado por el aire, es menester considerar que existe una clasificación de heladas, en meteorológicas y agrometeorológicas, como se ha señalado en párrafos anteriores.

Se considera como helada meteorológica, según lo definen Murphy y Hurtado (2011, p. 316) “...a todo descenso térmico por debajo de los 0°C medido en el abrigo meteorológico y a la altura normal de observación (1,5 metros de altura sobre el suelo)”.

Según Fernández Long y Barnatán (2016), se define como helada agrometeorológica “... a todo descenso térmico que produce daños a los vegetales. Si bien 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” (p. 316).

2.2.4 Según su época de ocurrencia

Teniendo en cuenta las épocas del año en el que se producen, las heladas pueden ser:

- estivales

- invernales
- primaverales (tardías o últimas)
- otoñales (tempranas o primeras)

Las heladas invernales se caracterizan por su intensidad (dada por la temperatura mínima registrada y su frecuencia); mientras que las primaverales y otoñales, al ser de baja intensidad, se caracterizan por su fecha de ocurrencia y, por último, las estivales son de poca intensidad y escasa duración (Guía de estudio N°6 “Régimen agroclimático de heladas”, 2017).

2.3. Métodos y técnicas empleadas

Con respecto a la metodología, el presente trabajo de investigación es esencialmente de gabinete y sigue una vía inductiva para lograr una síntesis luego del análisis. Este método se apoya en una serie de técnicas específicas para el manejo de información estadística y la normalización de los datos, el tratamiento gráfico de la información, la representación de material cartográfico a través del Sistema de Información Geográfica y técnicas de lectura e interpretación de mapas y/o gráficos.

El logro de los objetivos propuestos determinó la realización de las siguientes etapas metodológicas:

1. Etapa de selección, recopilación y ordenamiento de la información: se ha trabajado con fuentes bibliográficas y estadísticas.

a) *Bibliográficas:* hace referencia a contribuciones teóricas relacionadas con la temática de estudio que sirvan de apoyo a la investigación. Se pueden nombrar entre obras de carácter general referidas a metodología de la investigación científica y en la ciencia geográfica, como a las referidas a la Climatología, Meteorología y Agrometeorología para abordar el estudio de las heladas.

b) *Estadísticas:* los datos estadísticos de partida con los que se cuenta para iniciar y concretar el trabajo provienen del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a través de las Estadísticas Climatológicas, en las que figuran valores de frecuencia media anual y fechas extremas de ocurrencia del fenómeno meteorológico de las décadas de 1981-90, 1991-00 y 2001-10 (Anexo 1 y 2) y guarismos de frecuencia mensual de heladas desde el año 1981 hasta el 2010 suministrado por el SMN (Anexo 3).

2. Etapa de normalización de la información: consiste en la organización a través de tablas y en el procesamiento de la información estadística.

En primer lugar, los datos estadísticos publicados y suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional de las cuatro estaciones de la provincia del Chaco contienen valores del número medio de días con helada para las tres décadas de estudio, es decir, la frecuencia media anual de heladas (Anexo 1),

los cuales se constituyen como insumo fundamental en el desarrollo de esta investigación y que se presentan tabulados para una mejor interpretación.

En segundo lugar, se han procesado los datos de fechas extremas de primera y última helada para cada una de las estaciones meteorológicas de la provincia (Anexo 2), obtenidos de las Estadísticas Climatológicas del SMN para las tres décadas, lo que ha permitido determinar el período extremo o con heladas y el período libre de heladas.

Por último, se han normalizado los datos de frecuencia mensual y anual de heladas –obtenido éste último a partir de la sumatoria del número mensual de días con helada- durante los 30 años de estudio de las tres estaciones meteorológicas de la provincia, lo que permite advertir el momento de ocurrencia del hidrometeoro y su frecuencia (Anexo 3).

3. Etapa de representación gráfica de la información

Una vez normalizada la información estadística se procedió a la elaboración de las siguientes representaciones gráficas:

a) Gráficos de barra en los cuales se representa el número de días con helada de las tres estaciones meteorológicas de la provincia (por año), elaborados a partir de los datos de frecuencia anual de heladas durante los 30 años de estudio, lo que permite advertir las variaciones interanuales del fenómeno durante las tres décadas.

b) Diagramas en los cuales se representa el período con heladas de las estaciones meteorológicas de la provincia (por año) para los 30 años de estudio, contruidos a partir a los datos de número mensual de días con heladas, lo que permite identificar la extensión del período con heladas de manera interanual.

4. Etapa de representación cartográfica

La cartografía temática posibilita el análisis de la distribución espacial de la frecuencia y la estacionalidad de las heladas, lo que permitirá detectar áreas de disposición heterogénea respecto de la ocurrencia del hidrometeoro en el período de estudio.

A partir de los datos de frecuencia de heladas y de las fechas de primeras y últimas heladas de las estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco (y algunas estaciones ubicadas en las provincias limítrofes), se elaboraron las representaciones cartográficas de tipo isoplético en formato vectorial y ráster de:

a) la distribución espacial de la frecuencia de heladas para cada década analizada y

- b) la variación estacional del meteoro a partir de la representación de la fecha de las heladas tempranas y tardías para cada década de estudio

Se ha trabajado con el software libre QGis 3.2.0 y el Arc Gis 9.2 para la generación de las representaciones cartográficas, utilizando el procedimiento de interpolación *IDW* (Ponderación de distancia inversa), ello ha permitido generar las *isocrías* (líneas que unen puntos de igual frecuencia de heladas) e *isocronas* o *isolíneas fechadas* (líneas que unen puntos con la misma fecha en que se produjo el evento). Dicho método de interpolación estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de la muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio⁶.

Los mapas de isolíneas (isocrías e isocronas) que se confeccionaron para concretar el estudio y análisis de los datos fueron los siguientes:

- Frecuencia media anual de días con helada para cada década en estudio.
- Fecha en que se registra la primera helada para cada década en estudio.
- Fecha en que se registra la última helada para cada década en estudio.

5. Etapa de análisis e interpretación de la información y redacción de los resultados

El análisis y la interpretación de la información, tanto bibliográfica, estadística, gráfica y cartográfica, posibilitó la elaboración y redacción de los resultados y conclusiones alcanzados.

Ambos procedimientos, el de análisis e interpretación de la información, permitirán analizar y describir los patrones de la distribución espacial, la variación estacional y evolución temporal del fenómeno en estudio, enunciados en los siguientes capítulos en base a tres aspectos básicos: **frecuencia, duración y época de ocurrencia.**

⁶ ArcGIS Resource Center. En: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html>

CAPÍTULO III: FRECUENCIA DE HELADAS METEOROLÓGICAS EN LA PROVINCIA DEL CHACO

3.1. Frecuencia media anual

Las heladas meteorológicas, como ya se explicó en párrafos anteriores, son aquellas que ocurren cuando el termómetro de mínima, ubicado en el abrigo meteorológico (a 1,50 m del suelo) registra una temperatura de 0°C o inferior a ella.

Dichas heladas son registradas en las Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional a partir del valor de frecuencia, es decir, el número de veces en el que ocurre el evento en un determinado período de tiempo. Para esta investigación se cuenta con los datos publicados de frecuencia media anual de las estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco de las décadas de 1981-90, 1991-00 y 2001-10 (Anexo 1), es decir el promedio de la frecuencia anual para cada una de las décadas, valores que figuran en la Tabla N° 5. Es preciso aclarar que, en el caso de Las Breñas, como el valor no se halla publicado en su totalidad en las mencionadas estadísticas, se ha completado con el cálculo de los promedios de los guarismos anuales de frecuencia (datos proporcionados por el INTA) para las últimas dos décadas (1991-2000 y 2001-10).

Tabla N° 5: *Frecuencia media anual de heladas*

Frec. media de días con heladas	1981-90	1991-00	2001-10
Colonia Benítez INTA	2,3	3	3,9
Las Breñas INTA	3,6	6,4	5,2
P. Roque S. Peña AERO	3,2	5,1	s/d
Resistencia AERO	3,4	3,9	4,1

Fuente: Elaborado en base a las Estadísticas Climatológicas del S.M.N. (1981-90, 1991-2000 y 2001-2010). Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina y el INTA E.E.A. Las Breñas

Del análisis de la tabla, se deduce que la frecuencia media anual es baja, ya que no supera los 7 días con helada al año (como promedio de la década). En líneas generales se advierte que, para casi todas las estaciones, el número medio de días con helada ha ido en aumento con el correr de las décadas.

En base a dichos datos, se han normalizado y tabulado los valores de máxima y mínima frecuencia media de heladas (por década) registrados en el área de estudio con su correspondiente ubicación en el espacio. Los mínimos, para las tres décadas, siempre se han localizado en el área sudeste, las cuales varían entre 2,3 y 3,9 días con helada al año. Por su parte, los máximos se han localizado durante todas las décadas en el sudoeste de la provincia del Chaco con guarismos que rondan entre 3,6 y 6,4 (Tabla N° 6).

La diferencia entre los valores de máxima y mínima frecuencia son más extremos en la década de 1991-2000 (3,4) y de menor número (1,3) en la primera y última década.

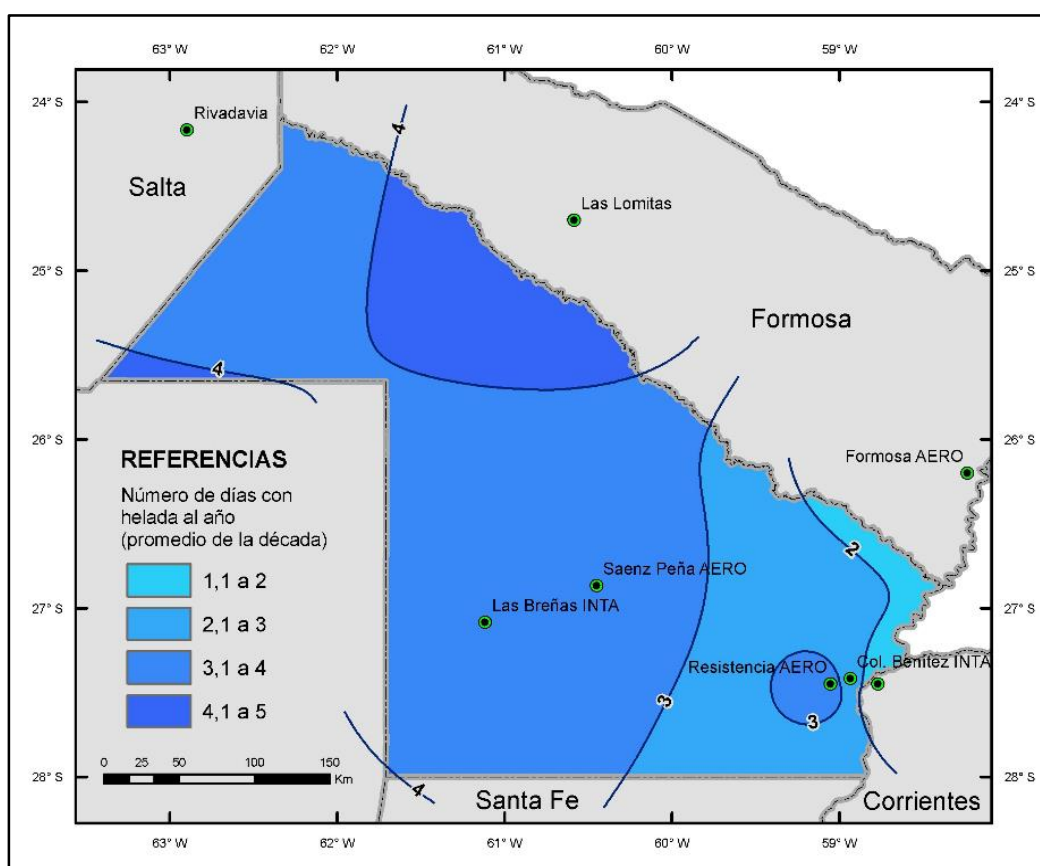
Tabla N° 6: Valores de máxima y mínima frecuencia de helada

DÉCADA	MÍNIMA FRECUENCIA MEDIA		MÁXIMA FRECUENCIA MEDIA		DIFERENCIA
	Valor	Área	Valor	Área	
1981-90	2,3	Sudeste	3,6	Sudoeste	1,3
1991-00	3	Sudeste	6,4	Sudoeste	3,4
2001-10	3,9	Sudeste	5,2	Sudoeste	1,3

Fuente: Elaborado en base a las Estadísticas Climatológicas del S.M.N. (1981-90, 1991-2000 y 2001-2010) Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina y el INTA E.E.A. Las Breñas

Además, el número medio de días con helada al año para cada una de las décadas (1981-90, 1991-00 y 2001-10) fue representado a través de *isocrías* (líneas que unen puntos de igual valor de frecuencia de heladas), a fin de conocer su distribución y detectar las variaciones espaciales del hidrometeoro en estudio (Figuras N° 5, 6 y 7).

Figura N° 5: Frecuencia media anual de días con helada. Década 1981-1990.



Fuente: Elaborado en base a las Estadísticas Climatológicas 1981/90. Servicio Meteorológico Nacional (1992). Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina.

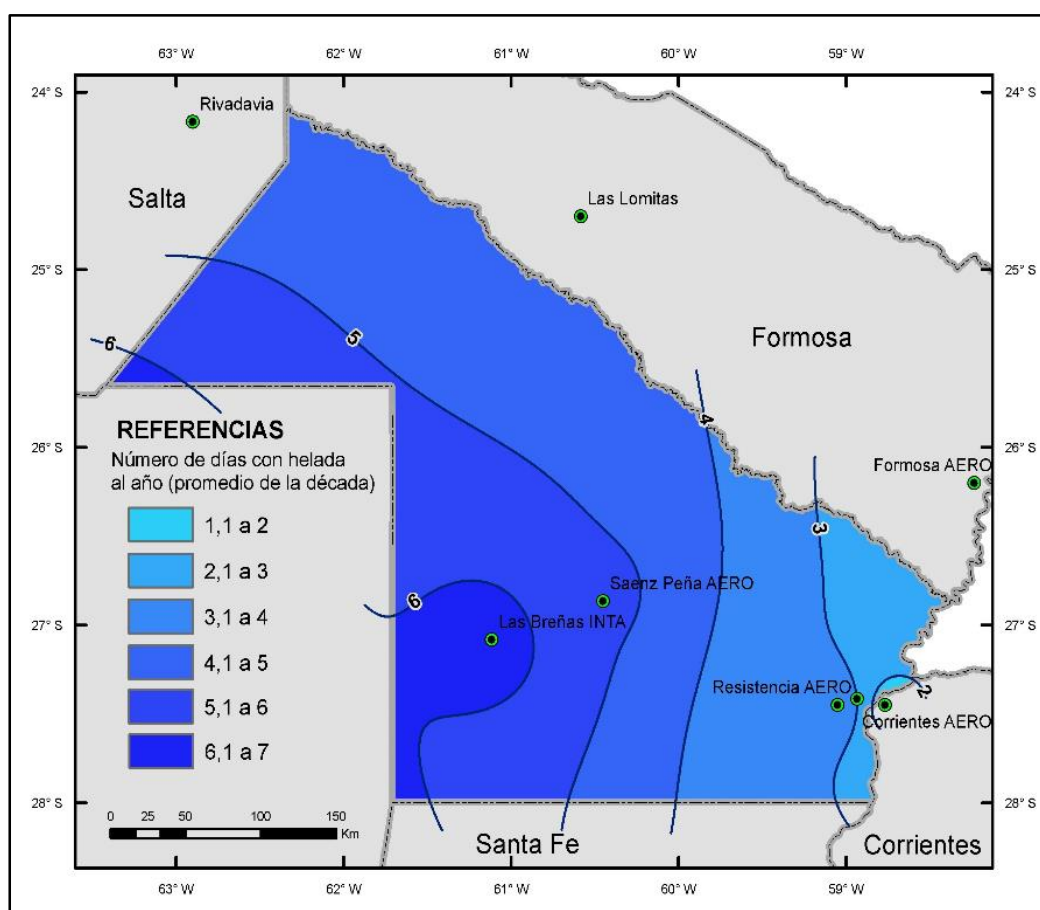
En dichas representaciones cartográficas se visualizan diferencias a lo largo del territorio provincial, puesto que el aumento en la frecuencia media anual de heladas se manifiesta de este a oeste

en forma prácticamente longitudinal. En el oriente se detectan los menores valores de ocurrencia, a diferencia de las áreas ubicadas en el occidente y en el centro de la provincia, donde este fenómeno es más recurrente.

Para la primera década de estudio, es decir 1981-90 se observa prácticamente la disposición en sentido meridiano de las isocrías, es decir una frecuencia menor en el oriente (de 2 días aproximadamente) y un incremento de la misma hacia occidente, cuyo valor es inferior a los cinco días con helada al año (Figura N° 5).

Para la década de 1991-2000, se hace más notoria aún la distribución longitudinal del fenómeno, ya que todo el este de la provincia presenta una frecuencia media mínima de tres días con helada y a medida que nos vamos hacia el oeste ésta se incrementa, con prácticamente seis días en el Sudoeste del espacio chaqueño (Figura N° 6).

Figura N° 6: *Frecuencia media anual de días con heladas. Década 1991-2000*

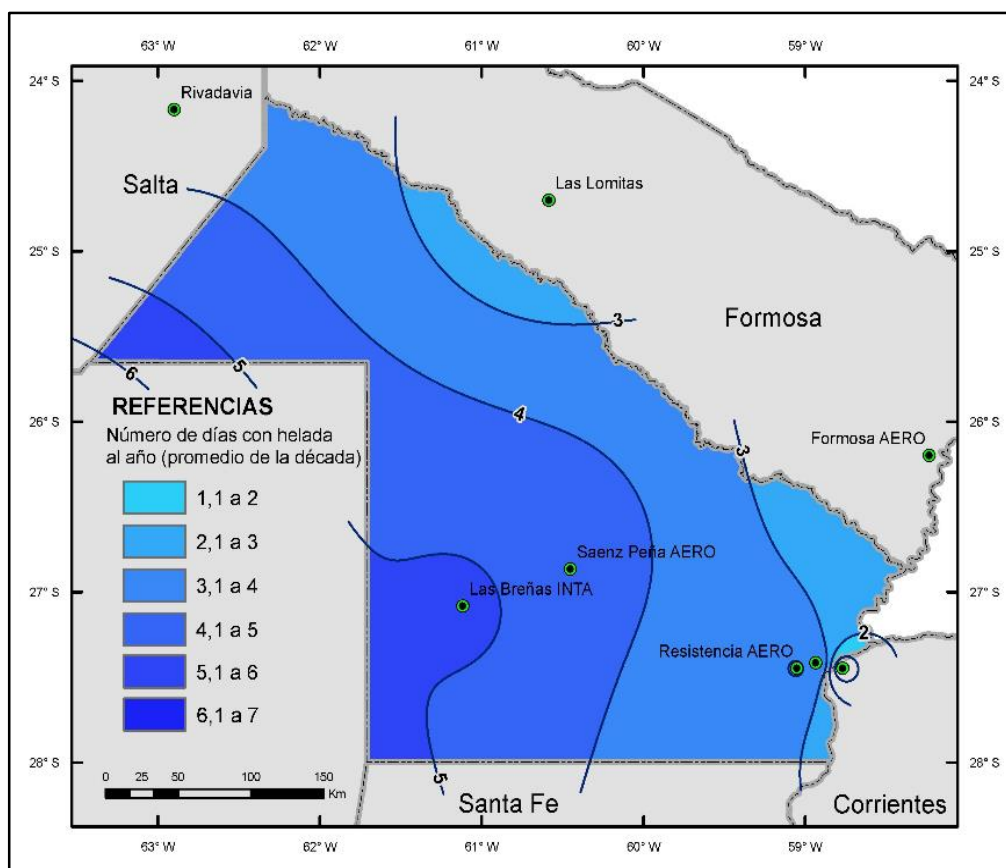


Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1991/2000*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina (información digital) e INTA E.E.A. Las Breñas.

Se advierte además que, comparando con la década anterior, en el centro la frecuencia es mayor puesto que fluctúa entre 4 y 6 días; por el contrario, en la década 1981-90 varía entre 3 y 4 días.

Por su parte, la última década muestra una variación espacial similar a la de la década anterior, con una disposición prácticamente longitudinal, que varía entre 2 días con helada al año (en el oriente) y alrededor de cinco días en el occidente de la provincia. (Figura N° 7).

Figura N° 7: Frecuencia media anual de heladas. (década 2001-2010)



Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/2010*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital) e INTA E.E.A. Las Breñas

Como lo explica Bruniard et al. (2001), esta particular disposición espacial del hidrometeoro se relaciona con la distribución de la humedad atmosférica, ya que en la región oriental, la alta humedad relativa del aire genera durante la noche un intenso proceso de condensación (rocío), y por ende liberación del calor latente, proceso que permite mermar el enfriamiento nocturno del aire por irradiación reduciendo así el peligro de heladas, en contraposición con las áreas de menor contenido de humedad del sector occidental de la provincia.

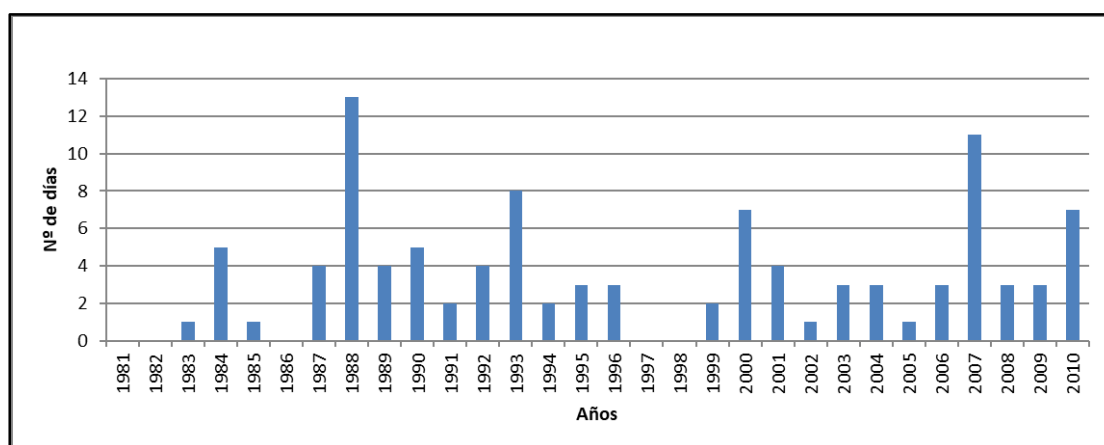
3.2. Frecuencia anual

Por otro lado, también se han analizado los valores de frecuencia anual de heladas para el período de estudio -calculados a partir de la sumatoria de la frecuencia mensual, suministrados por el SMN y el INTA- (Anexo 3). A tal fin, se han elaborado las siguientes representaciones gráficas que permiten apreciar visualmente la cantidad de días con helada (por año) y la variación de la misma desde el año 1981 hasta el 2010 en las tres estaciones de la provincia del Chaco: Resistencia, Colonia Benítez y Las Breñas. En el eje de las abscisas se colocan los 30 años de estudio y en el eje de las ordenadas la frecuencia anual de heladas (Figura N° 8, 9 y 10).

Del análisis y comparación de los gráficos se advierte que la frecuencia de heladas es variable de un año a otro.

Por su parte, en Colonia Benítez se observa que el número de días con helada es bajo los primeros años (de hasta 5) e incluso nulo en 1981, 1982 y 1986; sin embargo, en 1988 es elevado (de 13 días); posteriormente, entre 1989 y 1992 se mantiene en valores que varían entre 2 y 5 días; en 1993 vuelve a ascender (llega a 8 días); desde 1994 hasta 1999 disminuye nuevamente –no supera los 3 días e incluso en los años 1997 y 1998 no hubo heladas-. En el año 2000 se incrementa a 7 días y desde el 2001 al 2006 merma (hasta 4); en el 2007 asciende bruscamente (llega a los 11 días), luego los años sucesivos se mantiene en guarismos menores hasta el año 2009, ya que en el 2010 la frecuencia vuelve a subir (Figura N° 8).

Figura N° 8: Frecuencia anual de heladas de Colonia Benítez (período 1981-2010)

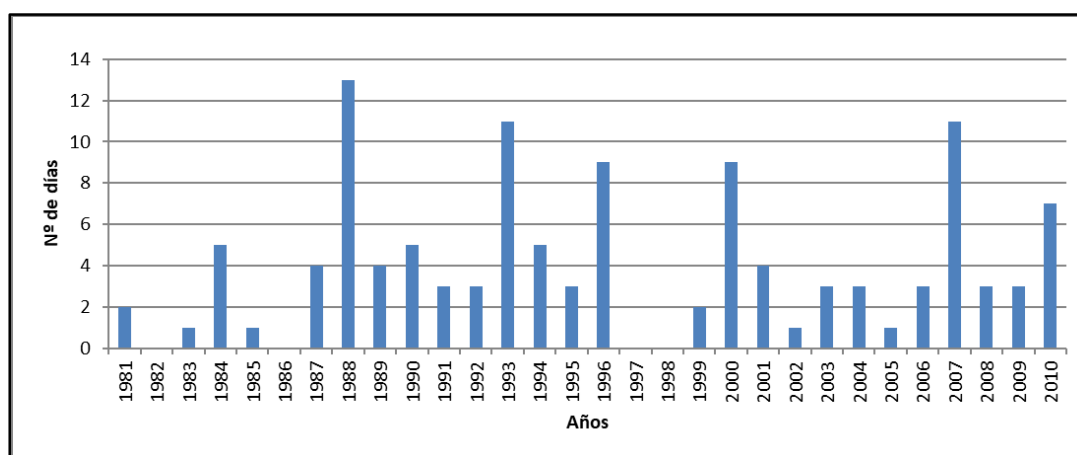


Fuente: Elaborado en base a los datos de número mensual de días con helada del S.M.N. (1981-2010)

Por su parte, Resistencia muestra mayor variabilidad que la localidad anterior. Aquí se advierte también que los primeros años de estudio, entre 1981 y 1987, muestran una baja frecuencia de heladas (de hasta 5 días) y dos años sin la ocurrencia del fenómeno: 1982 y 1986; sin embargo, en 1988 asciende (llega a 13 días); luego vuelve a bajar (no supera los 5) y en 1993 nuevamente aumenta (11 días); a

continuación, merma y en 1996 se incrementa el valor (llega a 9 días), posteriormente desciende y además se observan años sin heladas como el 1997 y 1998. En el año 2000 se produce un ascenso en el valor de frecuencia, luego entre 2001 y 2006 disminuye (entre 1 y 4 días), en el 2007 sube bruscamente y luego vuelve a bajar; por último, llega a los 7 días con helada en el año 2010 (Figura N° 9).

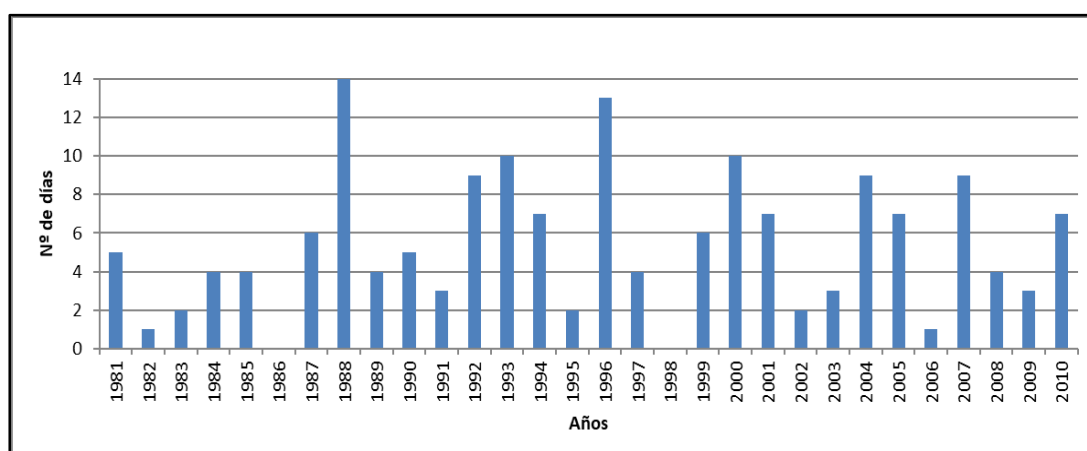
Figura N° 9: *Frecuencia anual de heladas de Resistencia (período 1981-2010)*



Fuente: Elaborado en base a los datos de número mensual de días con helada del S.M.N. (1981-2010).

Para el caso de Las Breñas se observa también hasta el año 1987 una frecuencia de heladas baja; sin embargo, en 1988 llega a su pico máximo (14 días), luego desciende entre 1989 y 1991 (hasta 5 días); posteriormente aumenta entre 1992 y 1993 (entre 9 y 10 días); por su parte, entre 1994 y 1995 desciende y posteriormente, en 1996, se incrementa nuevamente (13 días), luego baja. En el año 2000 asciende y luego disminuye; en el 2004 llega a 7 días; a continuación, en los años 2005 y 2006 desciende el valor de frecuencia; por su parte, en el 2007 aumenta (9 días) y por último los dos años siguientes llega hasta 4 días y en el 2010 alcanza un valor de 7 días con helada (Figura N° 10).

Figura N° 10: *Frecuencia anual de heladas de Las Breñas (período 1981-2010)*



Fuente: Elaborado en base a los datos de número mensual de días con helada del INTA E.E.A. Las Breñas (1981-2010)

3.3. Años con mayor cantidad de días con helada y años sin helada

A continuación, con los datos del número anual de días con helada del SMN y del INTA del período de estudio, se han confeccionado las siguientes tablas en las que figuran, por estación meteorológica y por década, los años en los que la frecuencia del fenómeno ha sido más elevada y aquellos en los que no han ocurrido heladas.

La máxima frecuencia, a lo largo de los 30 años de estudio, en las tres estaciones ha ocurrido en el año 1988, ya que en Las Breñas se dieron 14 días con helada y 13, tanto en Resistencia como en Colonia Benítez, ya que, por su cercanía geográfica ambas localidades tienen un comportamiento muy similar. En el caso de Colonia Benítez, el segundo pico se dio en el 2007 (11 días) y con valores un poco inferiores al anterior, en 1993, 2000 y 2010 (con guarismos que varían entre 7 y 8 días con helada); por su parte, en Resistencia el segundo valor de importancia (11 días) se ha dado en los años 1993 y 2007 y en menor medida, en el año 1996 y 2000 (9 días) y en el 2010 en torno a los 7 días; por último, en Las Breñas se observa la segunda máxima en 1996 (13 días) y luego, en el año 2000 (10 días) y también en 1992 y 1993 (entre 9 y 10 días con helada respectivamente), en los años 2004 y 2007 (9 días) y en el 2010 con 7 días con helada (Tabla N° 7).

Tabla N° 7: *Años con mayor cantidad de días con helada*

Est. Met.	Déc. 1981-90	Déc. 1991-00	Déc. 2001-10
Colonia Benítez	1988 (13)	1993 (8) y 2000 (7)	2007 (11) y 2010 (7)
Resistencia	1988 (13)	1993 (11); 1996 (9) y 2000 (9)	2007 (11) y 2010 (7)
Las Breñas	1988 (14)	1992-93 (9-10); 1996 (13) y 2000 (10)	2004 (9); 2007 (9) y 2010 (7)

Fuente: Elaborado en base a los datos de frecuencia anual del SMN y del INTA E.E.A. Las Breñas

Se advierte entonces que si bien los valores de frecuencia varían entre una localidad y otra –aunque son similares entre Resistencia y Colonia Benítez–, se podría decir que, a nivel provincial –teniendo en cuenta la coincidencia en las tres estaciones– los años en los que han ocurrido los guarismos más elevados se repiten, éstos son: 1988, 1993, 2000, 2007 y 2010.

Luego de identificar los años en los que el número de días con helada es mayor, y tomando el caso de Resistencia como ejemplo, se ha podido comprobar que la mayoría de los años en los que han ocurrido las frecuencias más elevadas coinciden con aquellos en los que la temperatura media anual y el monto anual de precipitación han sido bajos.

En primer lugar, el año 1988 -año de máxima frecuencia- es aquél que ha registrado el valor térmico más bajo del período de estudio (20,4°C), también en 1996 y en el 2000 (ambos con una temperatura media anual de 20,5°C) y en la última década, en el 2007 y 2010 (20,8° C y 20,6° C respectivamente), años en los que dichos guarismos han sido los menores de la década (Anexo 4).

Por otro lado, también se ha advertido que algunos de los años que han tenido montos de precipitación anual bajos se corresponden con aquellos de alta frecuencia de heladas, por ejemplo, el año 1988 (941 mm). También se puede destacar que, si bien el año 2007 ha tenido un monto pluviométrico anual de importancia (1241 mm), se ha podido identificar que los meses invernales han recibido escasas precipitaciones (inferiores a 10 mm) con valores que varían entre 4,9 mm; 3,2 mm y 6,5 mm en junio, julio y agosto respectivamente (Anexo 5).

Teniendo en cuenta ello, se podría aseverar que los años que han tenido mayor ocurrencia de heladas tienen relación con algunos años en los que se han producido episodios de la NIÑA, como ser principalmente en los años 1988 y 2007 (Tabla N° 8).

Tabla N° 8: Años con el fenómeno Niño/Niña

Evento	Inicio	Fin
EL NIÑO	MAY JUN 1982	JUL AGO 1983
EL NIÑO	JUL AGO 1986	DIC ENE 1988
LA NIÑA	JUN JUL 1988	MAR ABR 1989
EL NIÑO	ABR MAY 1991	JUN JUL 1992
EL NIÑO	DIC ENE 1993	OCT NOV 1993
EL NIÑO	MAY JUN 1994	FEB MAR 1995
EL NIÑO	ABR MAYO 1996	MAY JUN 1998
LA NIÑA	SEPT OCT 1998	MAR ABR 1999
LA NIÑA	JUL AGO 1999	FEB MAR 2000
EL NIÑO	JUL AGO 2002	FEB MAR 2003
LA NIÑA	AGO SEPT 2007	MAR ABR 2008
EL NIÑO	MAY JUN 2009	MAR ABR 2010
LA NIÑA	JUN JUL 2010	MAR ABR 2011

Nota: Adaptado de “Impacto de los eventos El Niño y La Niña sobre la precipitación estacional y sobre los rendimientos de los principales cultivos en el NEA: recomendaciones de fechas de siembra óptimas” (pág. 8). Por G. Heinzenknecht. s/f. Oficina de Riesgos Agropecuarios (ORA)

Este fenómeno natural consiste básicamente en que:

Los vientos alisios se fortalecen, el agua fría se acumula en la región ecuatorial del Pacífico oriental. En consecuencia, la atmósfera se enfría por el contacto con las frías aguas superficiales del océano, y a la falta de calidez, el agua no se evapora y el aire no se eleva, así que el nivel de lluvias y tormentas disminuye de forma anómala. (Dickie, 2020, p.1)

Según el SMN (s/f) durante la fase La Niña, el nordeste argentino tiende a registrar precipitaciones por debajo de lo normal.

Por otro lado, las estaciones meteorológicas que representan el espacio de estudio comparten prácticamente los mismos años en los que no se han producido heladas. Por ejemplo, Colonia Benítez es la estación que tuvo tres años sin ninguna helada en la década 81-90: 1981, 1982 y 1986; Resistencia

dos años sin la presencia del fenómeno meteorológico: 1982 y 1986 y en Las Breñas se considera a 1986 como el único año sin heladas. Para la década 91-00, Colonia Benítez tiene dos años sin heladas: 1997 y 1998; Resistencia tiene tres: 1991, 1997 y 1998 y, por último, Las Breñas tiene un solo año (1998) en el que no ha ocurrido el hidrometeoro. En la última década de estudio, no se ha registrado año sin ocurrencia de heladas (Tabla N° 9).

Tabla N° 9: Años sin heladas

Años sin heladas	Déc. 1981-90	Déc. 1991-00	Déc. 2001-10
Colonia Benítez	1981, 1982 y 1986	1997 y 1998	No hay
Resistencia	1982, 1986	1991; 1997 y 1998	No hay
Las Breñas	1986	1998	No hay

Fuente: Elaborado en base a los datos de número de días con heladas del S.M.N. y del INTA E.E.A. Las Breñas (1980-2010)

A nivel provincial –teniendo en cuenta la coincidencia entre las tres estaciones- los años en los que no han ocurrido heladas son el 1986 y el 1998.

Nuevamente tomando como ejemplo a la localidad de Resistencia, se ha podido comprobar que la mayoría de los años en los que no han ocurrido heladas coinciden con aquellos en que son elevados los valores de temperatura media anual y monto anual de precipitación.

Con respecto al primer parámetro, los años 1982, 1986 y 1997 han alcanzado altos valores del mismo. El año 1986, con una temperatura media anual de 21,9°C y 1997 con una de 21,8°C, son los que han registrado los dos valores más elevados del período de estudio (30 años), y en menor medida, en 1982 (21,2°C).

Con respecto al segundo elemento, el año 1986 ha sido muy húmedo (2225 mm de monto anual) y con valores un poco menores de 1636 mm en 1982. Por su parte, también en 1991, 1997 y 1998 las precipitaciones han sido significativas, con guarismos que rondan los 1600 mm anuales.

Según el SMN (s/f, p.1) “en particular durante la primavera y verano el noreste argentino tiende a registrar precipitaciones superiores a las normales durante una fase “El Niño”. Este fenómeno se basa en un calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Océano Pacífico Ecuatorial Central y Oriental.

Es resultado de vientos alisios más débiles de lo que suelen ser. El agua cálida se acumula a lo largo de las zonas ecuatoriales y se mueve hacia el este, justo en la zona oriental del océano Pacífico. Como la superficie del agua es más caliente de lo normal, la atmósfera también se calienta, hecho que ocasiona que el aire húmedo se eleve, forme nubes y se produzcan tormentas. (Dickie, 2020 p.1)

En su gran mayoría los años en los que hubo ausencia de heladas se relacionan con aquellos períodos en los que se han dado eventos del Niño, como ser en 1982, 1986, 1991 y 1997 (Tabla N° 8).

Los efectos del ENOS (El Niño – Oscilación del Sur) sobre la precipitación son más marcados en algunos meses y no se observan en otros. También existen zonas del país donde la señal ENOS se vuelve más importante, mientras que otras no presentan relación estadística entre su precipitación y los fenómenos El Niño o La Niña. Lo mismo ocurre con otras variables meteorológicas de directa relación con los rendimientos agrícolas, como la temperatura, y en particular la temperatura mínima.

Si ante la aparición de un evento El Niño o La Niña las condiciones climáticas son en general alteradas, es evidente que los niveles de riesgo ante eventos climáticos particulares, como sequía, excesos hídricos o heladas, se verán modificados en consecuencia. (Heinzenknecht, s/f, p. 4)

CAPITULO IV: PERÍODO CON HELADAS

4.1. Duración

El período con heladas se ha determinado a partir del día en el que inician y culminan las mismas, datos que se hallan publicados en las Estadísticas Climatológicas del SMN. A partir de dichos datos, se han elaborado las siguientes tablas, en las que figura el período extremo de heladas para las estaciones de la provincia del Chaco durante el período de estudio (Tabla N° 10). En el caso de Las Breñas, como se explicó en párrafos anteriores, no se hallan publicadas las fechas extremas de primera y última helada en el SMN; sin embargo, dicho guarismo de primera helada de la localidad en cuestión se ha podido obtener del Centro de Información Agroclimática (Ciag) y en cuanto a la de última, sólo se ha podido indentificar el mes en el que se produjo, según los datos de frecuencia mensual suministrados por el SMN.

Tabla N° 10: Fecha extrema de las primeras y últimas heladas y período con heladas

Estación Meteorológica	1981/1990				1991/2000				2001/2010			
	1° H	Ú. H	Días al año	%	1° H	Ú. H	Días al año	%	1° H	Ú. H	Días al año	%
Colonia Benítez INTA	31-may	9-sep	101	28	29-jun	1-ago	33	9	30-may	17-sep	110	30
Las Breñas INTA	31-may	2-sep	94	26	17-abr	agosto	s/d	s/d	mayo	sept	s/d	s/d
P. R. Sáenz Peña AERO	31-may	14-sep	106	29	29-jun	15-ago	47	13	9-may	2-sep	116	32
Resistencia AERO	31-may	9-sep	101	28	29-jun	2-ago	34	9	30-may	5-sep	98	27

Fuente: Elaborado en base a las Estadísticas Climatológicas del S.M.N. (1981-90, 1991-2000 y 2001-2010) y el Ciag (Centro de Información Agroclimática)

Se observa que en la década de 1981-1990 el inicio de las heladas se da a fines de mayo en todas las estaciones meteorológicas de la provincia del Chaco (31 de mayo como fecha extrema de primera helada). En lo que respecta a las últimas heladas, éstas culminan en la primera quincena de septiembre en todas las estaciones, por lo cual el período con heladas, en dicha década, varía entre 94 y 106 días, lo que equivaldría a un 26% y un 29% en el año respectivamente. Para la década de 1991-2000 las heladas comienzan a fines de junio (29 de dicho mes), salvo para la localidad de Las Breñas que ha sido registrada el 17 de abril; por otro lado, culminan entre inicios de agosto (Resistencia y Colonia Benítez) y a mediados de dicho mes (Roque Sáenz Peña); es decir que el período en el que han ocurrido heladas comprende entre 33 y 47 días (9-13%) en el año, por lo cual se advierte que la duración de las heladas en dicha década es mucho menor en relación a las otras dos -teniendo en cuenta los datos de las estaciones con las que se cuenta-. En la última década de estudio, las primeras heladas se dieron a principios de mayo en la estación de P.R. Sáenz Peña y a mediados, en las dos localidades ubicadas en el oriente de la provincia (Resistencia y Colonia Benítez); por su parte, las últimas heladas ocurrieron a principios de septiembre (para Resistencia y Sáenz Peña) y a mediados para la estación de Colonia Benítez, ello equivale a un período con heladas variable entre un 27% y un 32% en el año, igual a un total de días que se extiende entre 98 y 116. Se advierte de esta manera que:

- el período con heladas en nuestra provincia no supera el 32% de los días del año.
- las fechas más extremas en las que han ocurrido heladas en nuestra provincia son el 17 de abril (primera helada) y el 17 de septiembre (última helada)
- el período más corto de heladas se ha dado en la década 1991-2000 en casi toda la provincia (exceptuando en la localidad de Las Breñas, que supera los 100 días)
- el período con heladas de mayor duración se ha dado en la última década

También se advierte que las primeras heladas presentan mayor amplitud cronológica que las últimas, puesto que las fechas más extremas de helada temprana son, el 17 de abril y el 29 de junio, lo que equivale a un total de 73 días en el que puede ocurrir el fenómeno; por el contrario, en lo que respecta a las últimas, la fecha más temprana es el 01 de agosto y la más tardía el 17 de septiembre, lo que asciende a un número de días muy inferior al anterior (de sólo 47 días).

Por último, se aprecia que las primeras heladas se dan próximas a la estación invernal (fines de mayo) en la década de 1981-90 en todas las estaciones como también en la década de 2001-10 -excepto en Sáenz Peña- e inclusive se manifiestan durante pleno invierno (fines del mes de junio) en la década de 1991-00 -salvo el caso de Las Breñas-, por ende, prácticamente no se han producido heladas otoñales. Por su parte, las últimas heladas han ocurrido durante la temporada primaveral (inicios y mediados de septiembre) en la primera y última década, a diferencia de la segunda en la que sólo han sido invernales, lo que será analizado en el capítulo que sigue a continuación.

4.2. Heladas tempranas y tardías

De acuerdo al momento del año en el que ocurren descensos de la temperatura del aire -0°C o menos- las heladas pueden clasificarse en: otoñales, primaverales, invernales y estivales.

En nuestro espacio de estudio, debido a su localización latitudinal y sus condiciones de clima subtropical, no se producen heladas estivales.

Las heladas invernales, por su parte, son las más frecuentes porque es en esta época en la que ocurren con mayor recurrencia. Con respecto a ellas, "...interesa más la intensidad que el detalle de la fecha del fenómeno, ya que la resistencia a los fríos durante la estación es muy estable en cada especie vegetal" (Fernández Long y Barnatán, 2016, p. 324).

Sin embargo, las heladas que nos interesa destacar en este trabajo son las que se dan en las estaciones intermedias, o sea las que se producen antes o después del invierno.

En las heladas primaverales (o heladas tardías) y otoñales (heladas tempranas) la época de ocurrencia es mucho más importante que su intensidad. Esto se debe a que pequeñas diferencias en la época de ocurrencia de una misma temperatura bajo 0° C puede sorprender a las plantas en momentos de mayor o menor sensibilidad y por lo tanto ocasionar daños de muy diferente magnitud o ni siquiera provocar perjuicios. (Fernández Long y Barnatán, 2016, p. 324)

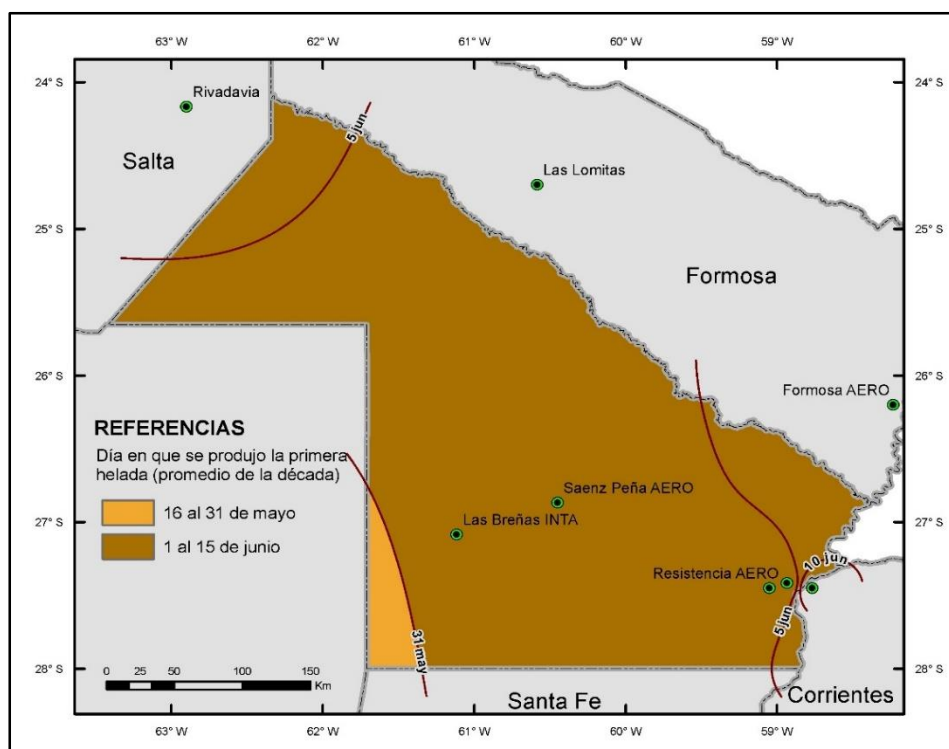
Las fechas extremas de inicio y fin de heladas (primera y última), obtenidas de las Estadísticas Climatológicas del SMN, se han cartografiado mediante isolíneas fechadas o también denominadas isocronas (líneas que unen igual fecha en la que produce un evento).

✓ **Primera helada**

En la cartografía donde se visualizan las isocronas que representan la fecha de las ***primeras heladas*** se observa, en líneas generales en casi todas las décadas, que la provincia del Chaco se caracteriza por un comienzo de heladas más tardío en el oriente en comparación con el centro y occidente del espacio de estudio (Figuras N° 11, 12 y 13).

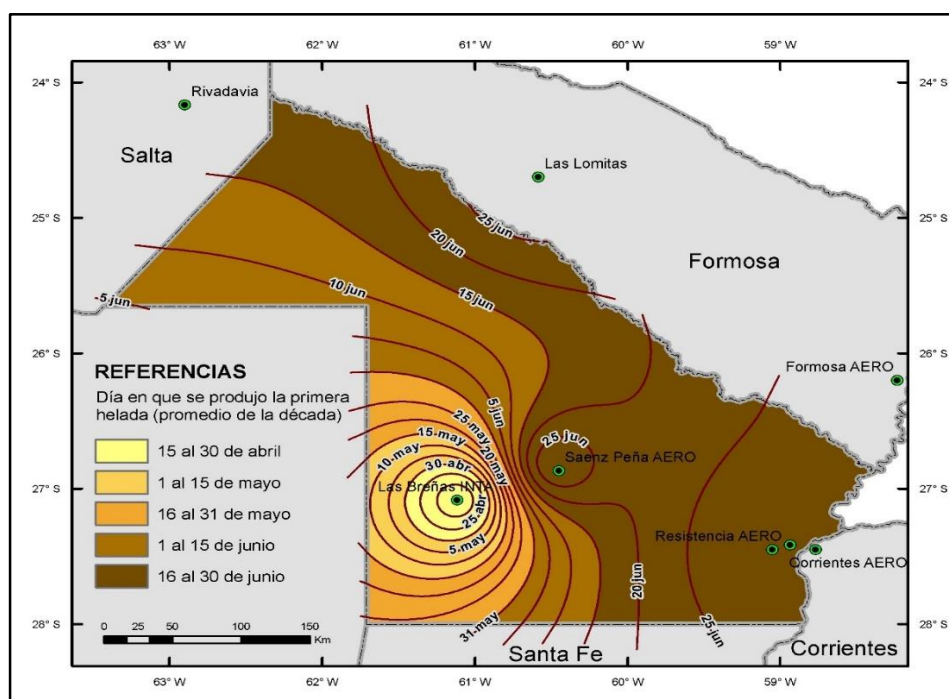
En la primera década de estudio, se advierte prácticamente uniformidad en todo el territorio provincial en lo que respecta a fecha en la que se producen las primeras heladas, ya que éstas ocurren entre fines del mes de mayo y principios de junio (Figura N° 11).

Figura N°11: Fecha de la primera helada. Década 1981-1990.



Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1981/90*. Servicio Meteorológico Nacional (1992 Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina-Ciag.

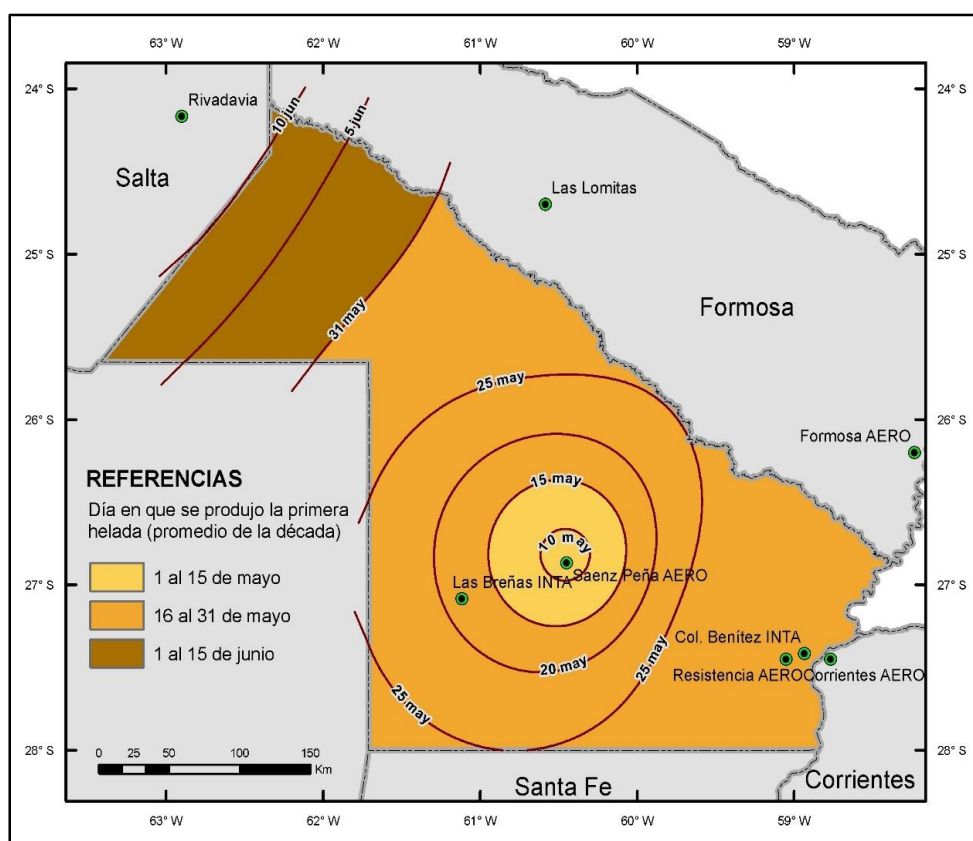
Figura N° 12: Fecha de la primera helada. Década 1991-2000.



Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1991/2000*. Servicio Meteorológico Nacional.. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital) y del Ciag (Centro de Información Agroclimática).

Por último, para la década de 2001-10 se aprecia que en el centro provincial las heladas ocurren en la primera quincena de mayo y en gran parte del resto del Chaco durante la segunda quincena de dicho mes, es decir que hacia el centro las heladas comienzan más temprano que hacia el oriente (Figura N° 13).

Figura N° 13: Fecha de la primera helada. Década 2001-2010.



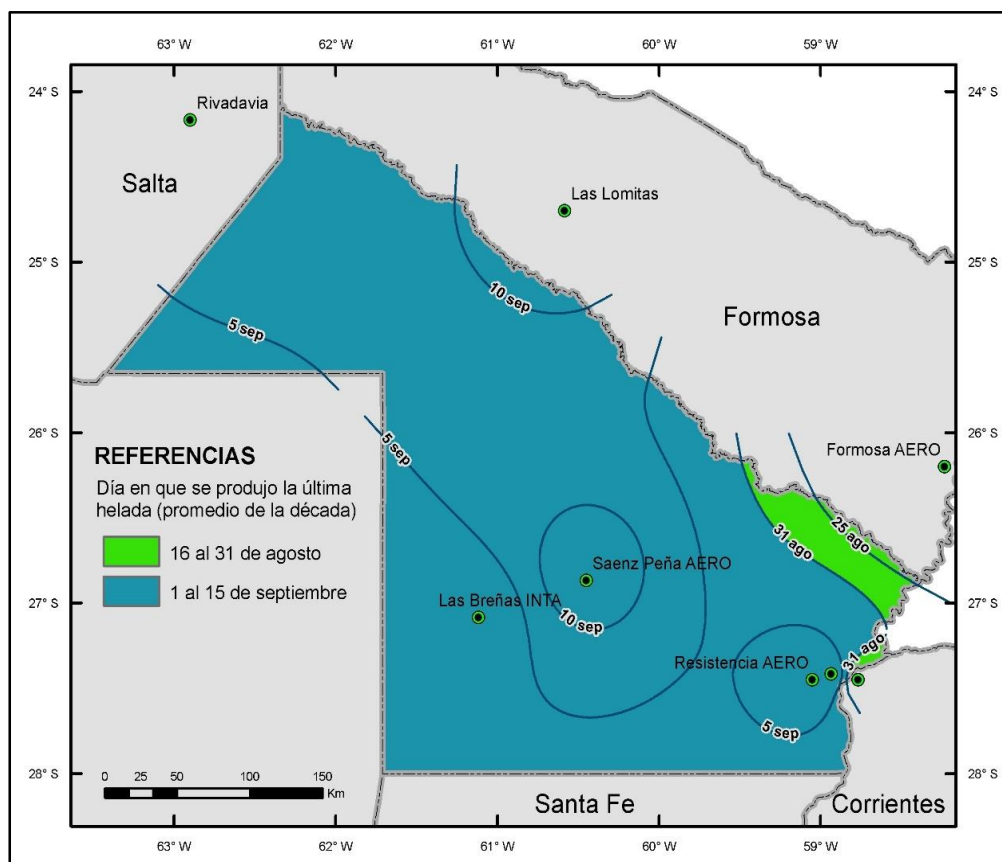
Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/2010*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital).

✓ Última helada

La cartografía referida a la ocurrencia de heladas tardías, representada a través de las isocronas de fechas de última helada, demuestra un diferente comportamiento con el correr de las décadas. En líneas generales, y al igual que con respecto a las primeras heladas, se visualiza que la provincia del Chaco se caracteriza por presentar fechas más tardías en el occidente que en oriente. (Figuras N° 14, 15 y 16).

En la década de 1981-90 se observa que en el área oriental y sudoeste de la provincia las últimas heladas se dan durante la primera quincena de septiembre (Figura N° 14). Es decir que, al igual que en la fecha de primera helada se observa prácticamente uniformidad en toda la provincia.

Figura N° 14: Fecha de la última helada. Década 1981-1990.

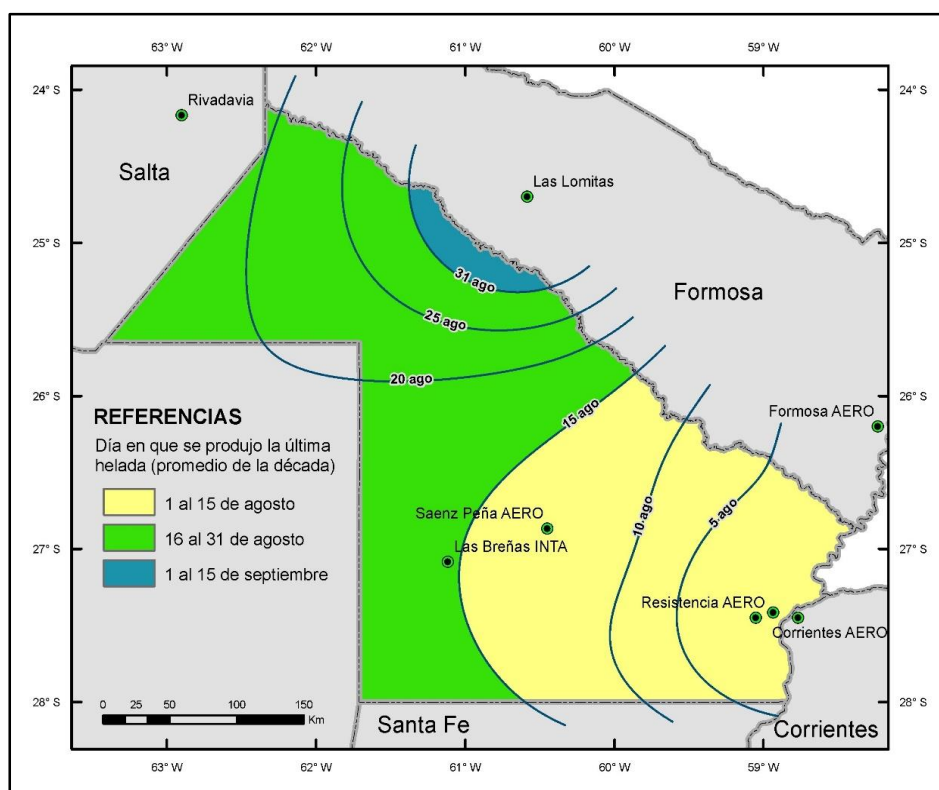


Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1981/90*. Servicio Meteorológico Nacional (1992). Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina.

Por su parte, en la década de 1991-2000 las últimas heladas se dieron, en el oriente y centro del espacio de estudio, en la primera quincena de agosto y hacia el occidente en la segunda. Aquí a diferencia de la década anterior, se observa una disposición prácticamente longitudinal de las isocronas, donde se demuestra que hacia el este la fecha de última helada es más tardía (Figura N° 15).

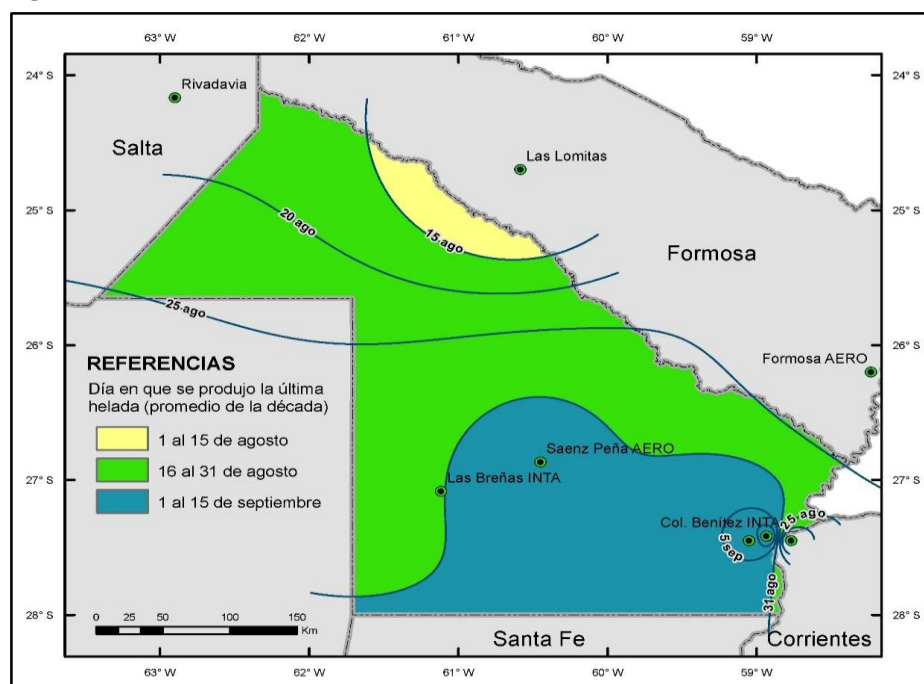
En la década 2001-10 la fecha extrema de última helada en el área oriental y en el centro de la provincia se dan durante la primera quincena del mes de septiembre; por su parte, en el resto del territorio éstas ocurren durante la segunda quincena de agosto (Figura N° 16).

Figura N° 15: Fecha de la última helada. Década 1991-2000.



Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1991/2000*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital).

Figura N° 16: Fecha de la última helada. Década 2001-2010.



Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/2010*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital)

4.3. Momentos de ocurrencia de las heladas

Los años y la época de ocurrencia de heladas, obtenidos a partir del procesamiento de los datos de frecuencia mensual de heladas suministrados por el SMN (Anexo 3), se han representado en los siguientes diagramas para las tres estaciones meteorológicas durante los 30 años, en los cuales se advierte la falta de regularidad del fenómeno entre un año y otro. Se puede apreciar que el período con heladas en nuestra provincia abarca principalmente la época invernal; sin embargo, se visualizan años en los que el período se extiende, en líneas generales, desde fines de otoño (mayo) -incluso en 1999 en Las Breñas las primeras heladas se dieron de manera muy temprana durante el mes de abril- hasta comienzos de primavera (septiembre) e incluso se puede observar años en los que no ocurren heladas (Figuras N° 17, 18 y 19).

Figura N° 17: *Período con heladas en Colonia Benítez (1981- 2010)*

Año	A	M	J	J	A	S
1981						
1982						
1983						
1984						
1985						
1986						
1987						
1988						
1989						
1990						
1991						
1992						
1993						
1994						
1995						
1996						
1997						
1998						
1999						
2000						
2001						
2002						
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008						
2009						
2010						

Fuente: Elaborado a partir de los datos de frecuencia mensual de heladas suministrados por el S.M.N. (1981-2010)

Figura N° 18. *Período con heladas en Resistencia (1981- 2010)*

Año	A	M	J	J	A	S
1981			—			
1982						
1983						—
1984			—	—	—	
1985				—		
1986						
1987			—			
1988		—	—	—		
1989				—		
1990			—	—		
1991						
1992				—	—	
1993				—	—	
1994			—	—	—	
1995				—	—	
1996			—	—		
1997						
1998						
1999					—	
2000				—		
2001			—	—		—
2002						—
2003				—	—	
2004			—	—	—	
2005				—		
2006				—		—
2007		—		—	—	
2008		—	—			
2009				—		
2010				—	—	

Fuente: Elaborado a partir de los datos de frecuencia mensual de heladas suministrados por el S.M.N. (1981-2010)

Figura N° 19: *Período de heladas en Las Breñas (1981 – 2010)*

Años	A	M	J	J	A	S
1981			—	—		
1982			—			
1983				—	—	
1984			—	—	—	
1985			—	—		
1986						
1987		—	—			
1988		—	—	—	—	
1989				—		
1990			—	—	—	—
1991				—	—	
1992				—	—	
1993			—	—	—	
1994			—	—		
1995			—			
1996			—	—		
1997			—	—	—	
1998						
1999	—			—	—	
2000			—			
2001			—	—		
2002			—			
2003				—	—	—
2004		—	—	—	—	—
2005		—	—	—	—	—
2006				—		
2007			—	—	—	
2008		—	—			
2009				—		
2010				—	—	

Fuente: Elaborado a partir de los datos de frecuencia mensual de heladas suministrados por el INTA E.E.A. Las Breñas. (1981-2010)

Del análisis de los diagramas anteriores, se confeccionaron las siguientes tablas en las que se observan, por década, los años en los que ocurrieron sólo heladas tempranas (otoñales) y tardías (primaverales) además de las ocurridas durante la estación invernal.

Como se advierte en las tablas que figuran a continuación (Tablas N° 11, 12 y 13) las heladas son más frecuentes en los meses invernales. Sin embargo, se pueden visualizar años con heladas tempranas y tardías. Como por ejemplo en lo que respecta a Resistencia y Colonia Benítez, por su proximidad geográfica, comparten similares condiciones, ya que se dieron heladas tempranas en los años 1988, 2007 y 2008 y por su parte, las heladas tardías se manifestaron en los años 1983, 2001, 2002 y 2006; es decir que, solamente en la primera y última década se produjeron heladas otoñales y primaverales, de lo que se deduce que en la década de 1991-2000 no ocurrieron heladas tempranas ni tardías en ambas localidades (Tabla N° 11 y 12). En lo referente a Las Breñas ocurrieron heladas tempranas en 1987 y 1988, también en 1999 y, por último, en los años 2004, 2005 y 2008; con respecto a las heladas tardías, éstas se generaron en 1990, 2003, 2004 y 2005, es decir que en la segunda década no se produjeron heladas tardías (Tabla N° 13).

Tabla N° 11: *Años con heladas según la época de ocurrencia en Colonia Benítez (1981- 2010)*

Colonia Benítez INTA	Déc. 1981-90	Déc. 1991-00	Déc. 2001-10
Años con H. Otoñales	1988		2007 y 2008
Años con H. Invernales	1984 -85; 1987-88-89-1990	1991-92-93-94-95-96, 1999-2000	2000-01; 2003-04-05-06-07-08-09-2010
Años con H. Primaverales	1983		2001-02; 2006

Fuente: Elaborado a partir de los datos de frecuencia mensual del S.M.N. (1981-2010).

Tabla N° 12: *Años con heladas según la época de ocurrencia en Las Breñas (1981- 2010)*

Las Breñas INTA	Déc. 1981-90	Déc. 1991-00	Déc. 2001-10
Años con H. Otoñales	1987-88	1999	2004-05; 2008
Años con H. Invernales	1981-82-83-84-85; 1987-88-89-1990	1991-92-93-94-95-96-97; 1999-2000	toda la década (2001 hasta 2010)
Años con H. Primaverales	1990		2003-04 05

Fuente: Elaborado a partir de los datos de frecuencia mensual del INTA E.E.A. Las Breñas. (1981-2010)

Tabla N° 13: *Años con heladas según la época de ocurrencia en Resistencia (1981- 2010)*

Resistencia AERO	Déc. 1981-90	Déc. 1991-00	Déc. 2001-10
Años con H. Otoñales	1988		2007-08
Años con H. Invernales	1981; 1984-85; 1987-88-89-1990	1992-93-94-95-96; 1999-2000	2001; 2003-04-05-06-07-08-09-2010
Años con H. Primaverales	1983		2001-02-2006

Fuente: Elaborado a partir de los datos de frecuencia mensual del S.M.N. (1981-2010)

Por último, el período en el que se han producido heladas (Tabla N° 14) para las localidades de Colonia Benítez y Resistencia (localizadas en el área oriental de la provincia) tiene como fechas extremas de inicio de heladas –considerando los treinta años de estudio- al 30 de mayo y como fechas de fin del período de heladas al 17 y el 09 de septiembre respectivamente. Por lo que se deduce que, durante el período de estudio, en dicha área no se han producido heladas otoñales –puesto que las

primeras heladas se han dado a fines de mayo, es decir en una fecha próxima al comienzo de los meses invernales-; sin embargo, las fechas de las últimas heladas sí deben ser consideradas, ya que se producen en meses primaverales (inicios y mediados del mes de septiembre). Por su parte, Las Breñas y en menor medida, Sáenz Peña, que representan el sudoeste y centro de la provincia –área agrícola por excelencia- tienen fechas más tempranas de primeras heladas (17 de abril y 09 de mayo) y con respecto a las últimas heladas, éstas se producen también en la primavera (inicios y mediados de septiembre); por ello se deduce que éstas áreas son más susceptibles de sufrir heladas tempranas y tardías, con los consiguientes daños que pueden generar en los cultivos en sus períodos críticos⁷.

Tabla N° 14: *Fechas extremas de heladas y momentos de ocurrencia*

Estaciones met.	PRIMERA HELADA		ÚLTIMA HELADA	
	Fecha extrema	Año/Déc.	Fecha extrema	Año/Déc.
Colonia Benítez INTA	30-may	2001-10	17-sep	2001-10
Resistencia AERO	30-may	2001-10	09-sep	1981-90 (1983)
Las Breñas INTA	17-abr	1991-00 (1999)	02-sep	1981-90 (1990)
Sáenz Peña AERO	09-may	2001-10	14-sep	1981-90 (1990)

Fuente: Elaborado en base a las Estadísticas Climatológicas del S.M.N. (1981-90, 1991-2000 y 2001-2010) y el Ciag (Centro de Información Agroclimática)

⁷ “Un período crítico se define como aquél en el que un factor de intensidad dada, tal como la falta de agua, temperaturas elevadas, etc., tiene un efecto máximo sobre el resultado final en el desarrollo y rendimiento del cultivo” (Castillo y Castelví Sentis, 1996, p. 329)

CONCLUSIÓN

Se han arribado a las siguientes consideraciones finales, lo que ha permitido alcanzar los objetivos propuestos:

1. En lo referente al análisis del comportamiento de la frecuencia, se puede decir que:

- La frecuencia media anual de heladas es baja en nuestra provincia, puesto que no supera los 7 días en el sector occidental (área donde se localizan los mayores valores).

- El número medio de días con helada al año, en líneas generales, ha ido en aumento con el transcurso de las décadas en el territorio provincial.

- Se aprecia mayor variabilidad de la frecuencia en las dos últimas décadas y por otro lado, mayor contraste en la primera, puesto que allí se manifiestan los mínimos valores y la máxima frecuencia.

- Los años en los que la frecuencia de heladas ha sido elevada, por ejemplo, en Resistencia, han sido 1988, 1993, 1996, 2000, 2007 y 2010; la gran mayoría de estos años se han caracterizado por presentar ciertas características que han incidido en la ocurrencia del fenómeno: temperatura media anual baja y montos pluviométricos bajos asociados a eventos de la “Ñina”.

- Por el contrario, los años en los que no se produjeron heladas en la capital provincial han sido 1982, 1986 y 1998; en este caso también la gran mayoría de ellos se han presentado con ciertas particularidades que influyeron en la ausencia de heladas: temperaturas medias altas y montos pluviométricos elevados asociados a eventos del “Ñino”.

- De lo dicho en párrafos anteriores se deduce que las décadas con mayor cantidad de días con helada al año y mayor variabilidad han sido, la de 1991-00 y la de 2001-10; y la de menor cantidad de días con helada, menor variabilidad y mayor contraste la de 1981-90.

2. En base al análisis de la distribución espacial de la frecuencia de heladas, se ha observado que ésta se dispone de manera diferencial en el área de estudio:

- Se visualiza una menor frecuencia de heladas en el área oriental de la provincia del Chaco y ésta aumenta de manera progresiva hacia el área occidental.

- El área central y sudoeste de la provincia, área agrícola por excelencia, concentra las mayores frecuencias de heladas.

3. Con respecto al período de ocurrencia de heladas podemos resumir que:

- El periodo extremo con heladas, en el cual se puede producir dicho evento, se extiende desde mediados de abril hasta mediados de septiembre, lo que equivaldría a un 42 % de los días del año.

- En líneas generales, el período con heladas de mayor duración se ha dado en la última década y el de menor en la segunda (para casi todo el territorio provincial).

- En la primera y última década el período se extiende desde mayo hasta septiembre y en la segunda desde junio hasta agosto (meses invernales) en casi todo el territorio provincial.

- Desde el punto de vista cronológico, la amplitud de la fecha de primera helada es más extensa que la de última.

4. En lo referente a la ocurrencia de heladas tempranas y tardías, se advierte que:

- En la década de 1991-2000 prácticamente las heladas sólo se dieron durante el invierno, salvo en el año 1999 (en Las Breñas) que se ha advertido un día con helada de forma temprana (mediados de abril), demostrando la falta de regularidad cronológica del fenómeno.

- Las primeras y últimas heladas se manifiestan de manera más temprana y más tardía respectivamente en el occidente de la provincia que en el oriente de la misma.

- Se advierte en el área oriental la escasa incidencia de heladas tempranas, puesto que las fechas extremas de primeras heladas figuran como fines de mayo (para la primera y última década) y fines de junio (para la segunda); a diferencia del occidente de la provincia dónde se observan fechas más tempranas (mediados de abril e inicios de mayo, por ejemplo).

- Con respecto a las heladas tardías, éstas se han producido a inicios y mediados de septiembre en todo el territorio provincial, a excepción de la segunda década, las que sólo se han generado durante el invierno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia Estatal de Meteorología. (2018). *Meteoglosario Visual*. <http://www.aemet.es>.
- Admisnistración Provincial del Agua. (2017). Precipitaciones mensuales-Provincia del Chaco-Período 1956-2017". *Anuario de Precipitaciones Provincia del Chaco-1956-2017*.
<http://apachaco.gob.ar/site/images/anuarios/ANUARIO%20PLUVIOMETRICO.pdf>
- Alberto, J. (enero-junio de 2006). El Chaco Oriental y sus fisonomías vegetales. *Revista Geográfica IGUNNE*. 3 (5). p. 14. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/2823>
- Baeza Gala, F. (1993). Las heladas y su incidencia económica en la agricultura de Murcia. *Papeles de Geografía* (19), 37-51. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/44061>.
- Bruniard, E. (1978). El Gran Chaco Argentino. (Ensayos de interpretación geográfica), *Revista Geográfica* 4. Instituto de Geografía. p. 24.
- Bruniard, E. (1981). *El clima de las planicies del norte Argentino. Ensayo metodológico de geografía de los climas*. (Tesis Doctoral, Universidad nacional del Nordeste).
- Bruniard, E. (Dir.). Alberto, J; Manoilloff, R.; Moro, C.; González, M. y González, C. (1987). Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco. Tomo I: El Medio Natural. *Revista Geográfica* N° 5. Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste.
- Bruniard, E. (1992). *Climatología. Procesos y tipos climáticos*. CEYNE.
- Bruniard, E. (Dir.). Alberto, J. ; Falcón, V. ; Pértile, V. ; Rey, C. ; González, L. y González, C. (1997). Atlas Geográfico de la Provincia de Corrientes. Tomo I: El Medio Natural. *Revista Geográfica* N° 8. Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste.
- Bruniard, E. (Dir.); Pérez, M. E.; González, C. y Bianconi, A. (Colaboradores). (2001). "El clima de la región algodonera Argentina". Programa integral algodonero (PROINTAL) Ministerio de la Producción de la provincia del Chaco, acuerdo Gobierno de la Provincia del Chaco – UNNE.

- Burgos, J. (1963). *Las heladas en la Argentina* (1ª ed.). Colección Científica del INTA.
- Burgos, J. (2001). *Las heladas en la Argentina* (2º ed.). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación
- Castillo, F.E. y Castellvi Sentis, F.F. (1996). *Agrometeorología*. Mundi-Prensa.
- Costa, C. y Abregú, A. (septiembre de 2002). *Diez años de heladas agronómicas en Las Breñas (Prov. de Chaco)* Argentina. *Actas, IX Reunión Argentina de Agrometeorología*. p. 18-20
- Cuadra, D. (2009). No es fácil ser productor agropecuario en el Chaco: el clima es un factor limitante. *Revista Chaqueña*. Diario Norte. Resistencia, Chaco. 29 de abril de 2009.
- Damario, E. A., Pascale, A. J., Perez, S., Maio, S. y Rodríguez, R. O. (1996). Cartas climáticas 1961-1990 de primeras y últimas heladas en la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía*, 16 (3): 253-263.
- De Fina, A. y Ravelo, A. 1973. *Climatología y fenología agrícola*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Dickie, M. J. (21 enero de 2020). *¿Qué es el fenómeno de El Niño Oscilación Sur?*. INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/%C2%BFque-es-el-fenomeno-de-el-nino-oscilacion-sur>.
- Fernández Long M. E.; Barnatán, I.; Spescha, L.; Hurtado, R. y Murphy, G. M. (2005). Caracterización de las heladas en la Región Pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(3) p.247-257. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=rfa&d=2005fernandezlongme>
- Fernández Long M. E.; Barnatán, I., Dominici, C. y Murphy, G. (enero de 2016). Información agroclimática de las heladas en Argentina: generación y uso. *Meteorológica*. 41(2), 7-31. https://www.researchgate.net/publication/316666414_Generation_and_use_of_frost_information_in_Argentina

- García, M. S.; Leva, P. y Valtorta, S. (2008). Caracterización del régimen agroclimático de heladas para la provincia de Santa Fe durante el período 1979-2004. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28 (1) p.53-62. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=rfa&d=2008Garcia>
- Guía de estudios N° 6. (2017). *Régimen agroclimático de heladas Índices agroclimáticos de peligrosidad de heladas (ICK)*. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52758/mod_resource/content/1/06%20-%2020Regimen%20agroclimatico%20de%20heladas.pdf
- Heinzenknecht, G. (s/f). *Impacto de los eventos El Niño y La Niña sobre la precipitación estacional y sobre los rendimientos de los principales cultivos en el NEA: recomendaciones de fechas de siembra óptimas*. Proyecto “Adaptación y resiliencia de la agricultura familiar del noreste de Argentina ante el impacto del cambio climático y su variabilidad”. Oficina de Riesgos Agropecuarios (ORA). <http://www.ora.gov.ar/archivos/ENOS-NEA.pdf>
- Ledesma Jimeno, M. (2000). *Climatología y Meteorología Agrícola*. Paraninfo Editores.
- Martin Vide, J. (2017). *Fundamentos de Climatología Analítica*. Editorial Síntesis.
- Martínez Jiménez; M.; Snaider, P. P. y Pérez, M. E. (2013). *Influencia de las heladas sobre los cultivos en la Provincia del Chaco. Anales del XXXIII Encuentro de Geohistoria Regional* Facultad de Humanidades, de la Universidad Nacional de Formosa.
- Martínez Jiménez; M. y Snaider, P. P. (enero-junio de 2014). La ocurrencia de heladas y su influencia en las fases de los cultivos en la Provincia del Chaco entre 1951 y 2000. *Revista Geográfica Digital IGUNNE 11(21)*:26. <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm>.
- Martínez Jiménez, M.; Pyszczyk, L. y Snaider, P.P. (2014). *El abordaje de algunos hidrometeoros (precipitaciones, heladas y granizos) en educación secundaria. Experiencias didácticas en el aula en Resistencia y Puerto Tirol*”. XV Encuentro de Profesores en Geografía del NEA 2014: “La Investigación y la Enseñanza de la Geografía a partir de lo local y su proyección regional”.

Facultad de Humanidades, UNNE.

https://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo26/archivos/congreso%20geografia/Exposiciones/Exposiciones%20Eje%203/Martinez_PyszczeK_Snaider_EJE3.pdf

Martínez Jiménez; M.; Snaider, P. P. y Ramírez, M. L. (2016). *Incidencia de las heladas meteorológicas en el rendimiento del cultivo de girasol en las provincias de Chaco y Formosa desde la década de 1970 hasta la de 2010*. XI Jornadas Nacionales de Geografía Física. Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.

Martínez Jiménez; M. y Snaider, P. P. (2017). “*Las heladas y el cultivo del maíz en las provincias de Chaco y Formosa desde la década de 1970 hasta la de 2010*”. VI Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas y XVI Encuentro de Profesores en Geografía del Nordeste Argentino”. ISBN 978-987-3619-23-6. Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste.

https://redargentinadegeografiafisica.files.wordpress.com/2017/11/eje7_martinez-jimenez-m-snaider-p.pdf

Martínez Jiménez, M. (2018). *Heladas tempranas y tardías: influencia en los principales cultivos de las provincias de Chaco y Formosa*. XXXVIII Encuentro de Geohistoria Regional y VIII SIMPOSIO sobre el estado actual de conocimiento del Gran Chaco Meridional “Región y políticas públicas”. IIGHI-CONICET.

<https://iighi.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/29/2019/08/Actas-Digitales-EGHR-2018-web.pdf>

Miller, A. (1975). *Climatología*. 4º edición. Editoria Omega.

Murphy, G. y Hurtado, R. (2011). *Agrometeorología*. Editorial Facultad de Agronomía UBA.

PyszczeK, L.; Martínez Jiménez, M. y Snaider, P.P. (2014). “*Heladas, precipitaciones y granizos: su abordaje en el nivel medio a través de experiencias didácticas en el aula*”. XIII Encuentro de

Profesores y Licenciados en Geografía, Facultad de Humanidades (Universidad Nacional de Formosa).

Shindoi, M. M.; Sotelo, C.; Galdeano, F. J. Prause, J. (2003). *Régimen de Heladas para el área de influencia de Colonia Benítez (Chaco)*. Estación Experimental Colonia Benítez “Dr. Augusto G. SCHULZ”. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-rigimen_de_heladas_para_el_rea_de_influencia_de_c.pdf

SMN. (s/f). *¿Qué es El Niño / La Niña?* https://www.smn.gob.ar/enos_que_es

Straschnoy, J.; Di Bella, C.; Jaimes, F.; Oricchio, P. y REBELLA; C. (2006) *Caracterización espacial del estrés hídrico y de las heladas en la Región Pampeana a partir de información satelital y complementaria*. *RIA*, 35 (2) p. 117-141, INTA, Argentina.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86435208>

Fuentes estadísticas

Servicio Meteorológico Nacional (1992). *Estadísticas Climatológicas 1981/90*. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina.

Servicio Meteorológico Nacional. *Estadísticas Climatológicas 1991/2000*. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital).

Servicio Meteorológico Nacional. *Estadísticas Climatológicas 2001/2010*. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina. (información digital).

Otras fuentes

Servicio Meteorológico Nacional. *Frecuencia mensual de heladas de Colonia Benítez y Resistencia* (período 1981-2010)⁸

⁸ Dicha base de datos no se halla publicada, sino que ha sido proporcionada por el SMN a partir de una solicitud propia al organismo.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. *Frecuencia mensual de heladas* de Colonia Benítez y Resistencia (período 1981-2010)⁹

Páginas web consultadas:

Servicio Meteorológico Nacional S.M.N (<http://www.smn.gov.ar>)

INTA (<https://inta.gob.ar>)

Centro de Información Agroclimática (<https://www.agro.uba.ar/ciag>)

⁹ Los datos estadísticos de frecuencia de la E.E.A. INTA Las Breñas (no se hallan publicados); éstos fueron solicitados a fin de concretar la investigación y otorgados por dicha institución.

ANEXO ESTADÍSTICO

1. Datos de frecuencia media mensual y anual de heladas (por década)

DÉCADA 1981/90													
Frec. media de días con helada	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Colonia Benítez INTA	0	0	0	0	0,1	1	1	0,1	0,1	0	0	0	2,3
Las Breñas INTA	0	0	0	0	0,2	1	2	0,3	0,1	0	0	0	3,6
P. Roque S. Peña AERO	0	0	0	0	0,1	0,8	2	0,2	0,1	0	0	0	3,2
P. Roque S. Peña INTA	0	0	0	0	0,2	2	2	0,1	0,2	0	0	0	4,5
Resistencia AERO	0	0	0	0	0,1	1	2	0,2	0,1	0	0	0	3,4

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1981/90*. Servicio Meteorológico Nacional (1992). Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina.

DÉCADA 1991/00													
Frec. media de días con heladas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Colonia Benítez INTA	0	0	0	0	0	0,3	1,7	0,9	0	0	0	0	3
P. Roque S. Peña AERO	0	0	0	0	0	1,1	3	1	0	0	0	0	5,1
P. Roque S. Peña INTA	0	0	0	0	0	1,4	4	1,6	0,1	0	0	0	6,5
Resistencia AERO	0	0	0	0	0	0,9	2,6	1	0	0	0	0	3,9

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1991/2000*. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina.

DÉCADA 2001/10													
Frec. media de días con heladas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Colonia Benítez INTA	0	0	0	0	0,3	0,5	2	0,8	0,3	0	0	0	3,9
Resistencia	0	0	0	0	0,3	0,4	2	0,9	0,3	0	0	0	4,1
Saenz Peña AERO	0	0	0	0	0,6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/10*. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina.

2. Datos de temperatura mínima y fechas extremas de heladas (por década)

DÉCADA: 1981/1990												
Temp. Mín. Absol	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colonia Benítez INTA	12,9	10,6	8,5	5,1	-1,7	-1,7	-3,6	-2,2	-0,2	2	8	11,5
Fecha y Año					31_1988	01_1988	12_1988	25_1984	09_1983			
Las Breñas INTA	11,3	9,7	7,2	5,3	-3,4	-4	-5	-1,9	-0,4	2,6	9,1	12,7
Fecha y Año					31_1988	18_1981	24_1988	25_1984	02_1990			
P. R. Saenz Peña AERO	13,2	10,6	8	7,4	-0,5	-2,8	-4	-0,9	0	4	7,5	12,8
Fecha y Año					31_1988	18_1981	03_1989	25_1984	14_1990			
P. R. Saenz Peña INTA	11	9,2	6,7	5,4	-1,3	-3,9	-4,6	-3,4	-1,9	1,4	7,6	11,2
Fecha y Año					31_1988	18_1981	07_1989	25_1984	09_1983			
Resistencia AERO	10,6	9	5,8	5	-2,4	-2,7	-3,8	-3,8	-0,8	1,4	7,8	10,1
Fecha y Año					31_1988	24_1987	12_1988	25_1984	09_1983			

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1981/90*. Servicio Meteorológico Nacional (1992_Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Serie B N° 37. Buenos Aires, Argentina.

DÉCADA: 1991/2000												
Temp. Mín. Absol	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colonia Benítez INTA	12	10,4	10,2	3,1	2	-3,6	-3	-3	0,7	2	7	12,5
Fecha y Año						29_S/D	21_S/D	01_S/D				
P. R. Saenz Peña AERO	12	9,8	8,6	0,8	1,2	-4,5	-6	-4,8	0,5	4	5,3	10
Fecha y Año						29_S/D	13_S/D	15_S/D				
P. R. Saenz Peña INTA	10	9	7,7	0,7	0,8	-5,5	-6	-5	-0,7	2,9	4,5	11
Fecha y Año						29_1996	14_1993	02_1991	20_1995			
Resistencia AERO	12,1	9,7	9,4	2,5	1,4	-4,7	-3,5	-4,1	0,7	2,1	5,8	10,8
Fecha y Año						29_S/D	21_S/D	02_1991				

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 1991/2000*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina.

DÉCADA: 2001/2010												
Temp. Mín. Absol	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colonia Benítez INTA	12,3	12,7	11,6	2,3	-3,5	-1	-4,4	-3,7	-1,7	4,4	7,5	10
Fecha y Año					30_S/D	12_S/D	24_S/D	11_S/D	17_S/D			
P. R. Saenz Peña AERO	8,5	10,8	9	4,5	-0,6	-4	-4,2	-3	-3	5,4	8	6
Fecha y Año					09_S/D	13_S/D	31_S/D	01_S/D	02_S/D			
Resistencia AERO	11,4	12,6	10,8	2,1	-2,4	-1,6	-3,4	-3	-1,4	5	6,8	10,3
Fecha y Año					30_S/D	16_S/D	24_S/D	11_S/D	05_S/D			

Fuente: Elaborado en base a las *Estadísticas Climatológicas 2001/10*. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires, Argentina.

3. Datos de frecuencia mensual de heladas y anual (por año) Período 1981-2010

Número de días con helada							
Est. Met. Col. Benítez							
AÑO	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	TOTAL
1981							
1982							
1983						1	1
1984			1	2	2		5
1985				1			1
1986							
1987			4				4
1988		1	4	8			13
1989				4			4
1990			1	4			5
1991					2		2
1992				2	2		4
1993			1	5	2		8
1994				2			2
1995				1	2		3
1996			2	1			3
1997							
1998							
1999					2		2
2000				7			7
2001			1	2		1	4
2002						1	1
2003				2	1		3
2004			1	1	1		3
2005				1			1
2006				2		1	3
2007		2		6	3		11
2008		1	2				3
2009				3			3
2010				3	4		7

Número de días con helada							
Est. Met. Las Breñas							
AÑO	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	TOTAL
1981			1	4			5
1982			1				1
1983				1	1		2
1984			3		1		4
1985			1	3			4
1986							
1987		1	5				6
1988		1	3	9	1		14
1989				4			4
1990			1	3		1	5
1991				1	2		3
1992				7	2		9
1993			2	6	2		10
1994			2	5			7
1995			2	S/D	S/D		
1996			8	5			13
1997			2	1	1		4
1998							
1999	1			3	2		5
2000				10			10
2001			4	3			7
2002			2				2
2003				1	1	1	3
2004		1	2	3	2	1	9
2005		1		5		1	7
2006				1			1
2007			2	5	2		9
2008		1	3				4
2009				3			3
2010				5	2		7

Fuente: Elaborado en base a los datos de frecuencia mensual de heladas del SMN y del INTA- EEA Las Breñas (1981-2010).

Número de días con helada							
Est. Met. Resistencia							
AÑO	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	TOTAL
1981			2				2
1982							
1983						1	1
1984			1	2	2		5
1985				1			1
1986							
1987			4				4
1988		1	4	8			13
1989				4			4
1990			1	4			5
1991				1	2		3
1992				2	1		3
1993			1	7	3		11
1994			1	4			5
1995				1	2		3
1996			7	2			9
1997							
1998							
1999					2		2
2000				9			9
2001			1	2		1	4
2002						1	1
2003				2	1		3
2004			1	1	1		3
2005				1			1
2006				2		1	3
2007		2		6	3		11
2008		1	2				3
2009				3			3
2010				3	4		7

Fuente: Elaborado en base a los datos de frecuencia mensual de heladas del SMN (1981-2010)

4. Datos de temperatura media mensual y anual de Resistencia (período 1981-2010)

Temp. Medias mensuales (°C)													
Déc. 81-90	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tº M. A (°C)
1981	26,2	26,6	23,5	21,2	21,4	13,6	15,0	17,9	16,7	20,4	23,1	25,1	20,9
1982	25,7	24,8	23,6	21,5	18,2	16,2	16,9	18,7	20,4	21,0	22,6	25,4	21,3
1983	27,0	26,2	24,4	20,8	18,5	12,7	13,3	16,2	16,7	22,1	22,8	27,3	20,7
1984	27,6	27,2	24,5	19,1	20,0	13,1	15,9	13,6	18,1	23,5	23,3	23,5	20,8
1985	26,5	26,3	24,8	21,5	19,7	16,6	15,2	15,4	17,7	22,4	26,2	27,9	21,7
1986	28,8	27,0	23,5	23,0	19,0	18,7	16,1	17,6	18,8	21,0	24,1	25,7	21,9
1987	26,8	25,1	24,6	21,4	14,3	14,2	18,5	15,4	17,3	20,9	24,0	24,3	20,6
1988	26,6	24,6	27,2	20,1	13,6	12,9	12,8	17,9	18,1	20,8	24,4	26,9	20,5
1989	28,0	27,6	23,9	21,2	17,5	15,8	13,8	17,3	16,7	21,0	22,9	26,6	21,0
1990	26,8	25,2	25,0	22,0	16,9	12,7	12,7	17,8	17,1	23,0	25,4	25,4	20,8

Fuente: Elaborado en base a los datos de Temperatura media mensual del SMN (1981-2010).

Temp. Medias mensuales (°C)													
Déc. 91-00	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tº M. A (°C)
1991	26,3	25,4	25,8	21,8	19,3	15,9	14,6	17,4	20,1	20,6	22,3	25,8	21,3
1992	26,0	26,4	23,9	20,8	18,4	18,6	11,8	15,3	17,8	20,9	22,3	s/d	S/D
1993	s/d	24,6	25,1	22,6	18,0	15,5	13,7	16,0	17,5	22,5	23,3	25,4	S/D
1994	27,0	24,7	23,4	21,3	20,4	16,9	15,4	16,1	21,0	22,4	23,0	27,6	21,6
1995	26,5	24,2	23,8	19,6	15,9	16,1	16,4	16,8	19,1	20,8	25,4	25,6	20,9
1996	27,2	25,1	23,7	21,7	18,6	12,0	12,4	18,3	17,8	20,7	23,5	25,0	20,5
1997	27,8	25,9	23,7	20,8	19,1	15,2	18,3	18,2	20,6	22,0	24,4	26,6	21,9
1998	26,8	25,2	22,9	20,4	17,3	15,5	16,7	15,5	17,0	21,4	23,6	24,5	20,6
1999	25,3	25,7	25,7	19,4	16,3	14,6	13,2	16,5	20,9	21,7	22,6	26,2	20,7
2000	26,3	25,5	23,4	21,7	17,0	16,2	10,8	17,0	18,6	22,7	22,2	24,9	20,5

Fuente: Elaborado en base a los datos de Temperatura media mensual del SMN (1981-2010).

Temp. Medias mensuales (°C)													
Déc. 01-10	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tº M. A (°C)
2001	26,6	27,5	26,2	22,0	16,0	16,4	16,3	19,6	18,1	22,0	23,8	24,6	21,6
2002	26,2	25,1	26,4	21,4	19,8	14,4	13,6	18,3	18,4	23,2	23,9	25,6	21,4
2003	27,0	26,2	24,0	21,1	17,8	19,5	15,1	14,7	19,9	23,0	23,7	24,3	21,4
2004	27,0	25,2	24,9	23,1	14,0	16,5	15,6	16,0	19,8	21,6	22,6	25,4	21,0
2005	27,7	25,9	24,6	20,4	18,9	18,7	15,1	17,4	16,4	20,4	23,9	25,4	21,2
2006	28,2	26,9	25,0	21,0	15,4	17,7	18,4	16,7	18,7	23,8	23,6	27,1	21,9
2007	27,1	27,0	25,7	22,8	14,7	14,9	12,0	13,3	20,7	23,6	22,2	26,0	20,8
2008	27,1	25,9	25,0	20,3	17,6	13,3	18,8	17,1	17,5	22,2	24,6	26,9	21,4
2009	25,4	25,7	26,1	22,4	19,1	13,0	12,3	18,1	18,4	23,4	27,0	26,5	21,5
2010	27,3	28,0	25,5	20,7	15,8	15,3	14,1	14,9	18,3	19,9	22,5	25,7	20,7

Fuente: Elaborado en base a los datos de Temperatura media mensual del SMN (1981-2010).

5. Datos del monto pluviométrico mensual y anual de Resistencia (período 1981-2010)

Precipitaciones mensuales (mm)													
Déc. 81-90	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prec. A (mm)
1981	143,8	233,1	198,4	108,2	129,0	76,0	44,7	20,0	29,3	106,6	171,4	57,1	1317,6
1982	81,8	137,8	71,6	82,6	94,8	269,1	21,9	126,4	167,4	29,4	412,0	142,0	1636,8
1983	295,6	142,0	165,5	421,5	203,6	6,8	75,1	1,8	0,0	69,9	80,4	44,1	1506,3
1984	248,1	176,6	283,2	142,3	176,2	109,9	7,5	11,1	81,0	134,9	138,6	50,0	1559,4
1985	72,1	276,3	235,2	371,3	108,8	38,7	65,1	51,7	107,9	50,3	19,8	82,8	1480,0
1986	72,5	121,7	484,8	511,5	123,5	165,8	45,5	29,3	176,1	180,7	221,4	93,1	2225,9
1987	176,6	268,6	58,2	242,3	65,5	47,4	133,1	41,2	27,3	55,6	201,8	129,0	1446,6
1988	189,3	75,2	93,4	148,1	4,6	40,6	2,8	44,9	66,8	119,2	92,5	64,2	941,6
1989	69,7	108,0	273,5	293,0	3,6	50,3	70,2	98,9	106,7	131,5	118,0	195,1	1518,5
1990	130,2	172,8	135,9	527,8	59,9	70,6	7,0	69,4	50,8	359,3	124,7	224,2	1932,6

Fuente: Elaborado en base a los datos de Precipitación mensual del SMN (1981-2010).

Precipitaciones mensuales (mm)													
Déc. 91-00	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prec. A (mm)
1991	121,7	166,5	24,4	174,7	247,8	38,0	17,5	12,0	55,7	74,4	179,5	208,4	1320,6
1992	107,5	112,5	119,6	186,9	27,1	99,3	42,0	53,5	69,1	234,2	119,2	168,5	1339,4
1993	237,5	14,2	177,2	63,9	43,1	59,1	17,1	19,7	60,4	109,4	280,9	43,9	1126,4
1994	194,8	159,7	362,1	121,4	133,9	92,9	31,8	56,9	59,6	157,2	205,2	103,8	1679,3
1995	234,2	308,5	233,0	56,7	79,5	6,2	31,8	31,6	15,5	64,3	79,5	65,7	1206,5
1996	257,7	327,2	142,4	412,4	14,6	5,1	0,4	47,6	112,2	198,3	179,0	326,6	2023,5
1997	164,0	475,7	11,5	69,8	85,1	21,4	26,5	23,1	42,8	232,0	277,0	220,2	1649,1
1998	233,1	310,3	211,2	401,9	40,5	61,5	6,6	43,8	33,0	76,3	160,9	175,7	1754,8
1999	132,0	153,1	296,7	106,5	107,3	34,8	38,5	0,4	18,2	66,0	80,4	77,0	1110,9
2000	241,6	237,5	143,5	128,5	93,2	59,4	5,3	42,5	26,5	213,2	166,5	308,5	1666,2

Fuente: Elaborado en base a los datos de Precipitación mensual del SMN (1981-2010).

Precipitaciones mensuales (mm)													
Déc. 01-10	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prec. A (mm)
2001	182,2	48,1	174,3	154,1	10,3	177,2	26,0	45,5	69,6	156,0	198,0	55,0	1296,3
2002	273,7	122,2	382,8	364,6	88,6	44,9	86,7	32,0	65,4	154,4	175,7	303,4	2094,4
2003	69,7	107,0	117,4	114,2	2,4	11,4	5,7	63,1	25,8	134,9	165,3	285,2	1102,1
2004	35,8	44,6	81,0	147,4	1,6	61,4	21,4	22,0	136,3	196,3	200,2	146,3	1094,3
2005	69,3	85,9	147,0	347,0	91,7	69,3	3,4	18,9	48,5	66,8	189,5	95,5	1232,8
2006	116,7	61,7	175,4	101,2	32,0	71,6	0,1	12,4	57,8	173,5	57,4	138,9	998,7
2007	159,3	155,2	217,4	120,7	10,2	4,9	3,2	6,5	141,3	216,2	40,6	166,2	1241,7
2008	64,3	79,7	43,7	36,8	10,4	98,6	2,3	33,1	88,0	169,8	57,0	92,0	775,7
2009	159,0	163,8	34,2	53,2	58,8	14,3	42,7	25,3	19,9	39,2	613,0	163,0	1386,4
2010	300,4	123,5	136,0	58,3	205,8	7,6	37,0	54,0	108,0	44,7	41,7	181,3	1298,3

Fuente: Elaborado en base a los datos de Precipitación mensual del SMN (1981-2010).