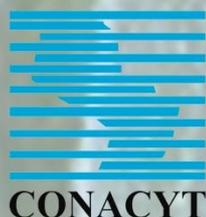


CARACTERIZACIÓN DE HELADAS AGROMETEOROLÓGICAS EN PARAGUAY

CINTIA F. ESPÍNOLA BRÍTEZ



Caracterización de heladas agrometeorológicas en Paraguay

Investigación para el Desarrollo

Julio del 2016

www.proyectoclima.com.py

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT

Programa Paraguayo para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología – PROCENCIA

Proyecto de iniciación científica: 14-INV-340

Asesor del proyecto: Max Pastén

Tesista: Cintia Fabiana Espínola Britez

Asesor Informático: Alcides Domínguez

Investigación para el Desarrollo

Presidente Cesar Cabello

Director Ejecutivo Bruno Osmar Martínez

Gerente de proyectos: Karina Godoy

Directora de Área: Rossana Scribano

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a las instituciones que hicieron posible realizar este trabajo;

Prociencia; Programa paraguayo para el desarrollo de la ciencia y tecnología del Conacyt

Investigación para el Desarrollo; que me abrió sus puertas y me permitió desarrollar mi tesis.

Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección de Aeronáutica Civil; que me facilitó todos los datos meteorológicos históricos que fueron el insumo para la realización de este trabajo.

Facultad Politécnica; que fue la institución donde me formo como profesional de las Ciencias de la Atmosfera.

A todos mis profesores quienes nunca desistieron al enseñarme y que depositaron su esperanza en mí.

Al Lic. Alejandro Max Pasten y MSc. María Elena Fernández Long, quienes fueron maestros para mí; me acompañaron y facilitaron todas las herramientas para el desarrollo de este proyecto.

Cintia Fabiana Espínola Britez

Contenido

AGRADECIMIENTO.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	7
3. CONTROL DE DATOS CLIMÁTICOS	9
4. TÉCNICAS A EMPLEAR	20
5. MÉTODOS	21
6. CLASIFICACIÓN DE LAS HELADAS AGROMETEOROLÓGICAS EN PARAGUAY.....	27
7. CONCLUSIONES.....	31
8. BIBLIOGRAFÍA.....	32
9. ANEXO.....	35

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Paraguay, la ocurrencia de heladas despierta mucho interés debido a sus impactos que aquellas ocasionan en los diferentes sectores productivos en el país y también en otros sectores de la sociedad. A diferencia de nuestro país, en la región existen varios trabajos en los que determinan las fechas de primeras heladas, las fechas de últimas heladas, la frecuencia de ocurrencia y los eventos extremos que nos permite prevenir cualquier tipo de daño a los sectores productivos. Así mismo la implementación de diferentes tipos de modelos que permite obtener una información agroclimática del comportamiento de heladas para una región determinada. Este tipo de estudios ayudan a conocer la región propicia para la ocurrencia de heladas, las causas y sus consecuencias.

Debido a los avances tecnológicos hoy en día se realizan mejores y más exactas previsiones, por lo tanto, tiene un gran impacto en la sociedad debido a que permite anticiparse a diferentes tipos de eventos extremos, que han causado impactos negativos, a lo largo de los años entre las que se encuentran las heladas. Sin lugar a duda una de las mayores riquezas que posee Paraguay es su tierra; ésta fue utilizada y sigue utilizándose para la agricultura, ya que es apta para una cantidad importantes de cultivos. Históricamente fueron varios los eventos de heladas que han ocurrido, lo que ha obligado a buscar alternativas que permitan protegerse contra las heladas. Los eventos de heladas extremas que llevaron a la pérdida total de algunos cultivos, produjeron pérdidas millonarias, causando en déficit en los productos de la canasta familiar y el aumento de precio de los mismos produciendo un gran impacto económico. Por todo lo mencionado, lo que se busca es lograr una base de datos consistente con la información agroclimática de heladas, lo que permitirá el crecimiento y futuras investigaciones, donde el sector afectado podrá realizar una adaptación mediante la información que estará disponible para poder prevenir a la sociedad ante cualquier tipo de evento de heladas.

Además, con la información agroclimática se podrá realizar un análisis previo de las condiciones de heladas que fueron dándose a lo largo de los

años, ya que esta información agroclimática permitirá una caracterización climática de acuerdo a cada región del Paraguay y será de fácil acceso.

1.1 Planteamiento del Problema:

Año tras año, las bajas temperaturas afectan a países de Sudamérica, entre ellos a Paraguay. Actualmente, la variabilidad climática genera la mayoría de las fluctuaciones interanuales en los rendimientos de cultivos anuales, que representan una proporción importante de la alimentación básica de la humanidad.

El sector pecuario fue afectado con la mortandad de animales. “La helada ocurrida en agosto de 2013, ocasionó pérdidas de más de 5000 cabezas de ganado. En el rubro agrícola se perdió el 30% de la producción total de trigo. En el sur del país, las mismas llegaron al 50%”. (Diario ABC, 29/08/2013). “El rubro agrícola también fue afectado, según la Coordinadora Agrícola del Paraguay, se perdió el 30% de la producción total de trigo, pero en el sur del país las mismas habrían llegado al 50%.” (Diario La Nación, 27/08/2013).

También, se vio afectada el área de la salud ya que estas bajas temperaturas dan lugar a una ola de enfermedades respiratorias, que afectan a toda la población.

La helada es un fenómeno periódico y forma parte de la variabilidad climática en Paraguay, si bien no es frecuente, se manifiestan cada año a medida que los sistemas polares avanzan, tras su paso se manifiestan con bajas temperaturas y de acuerdo a la zona provocan impactos a distintos sectores. En ese sentido, no existe una fuente de información bien documentada sobre la condición de heladas que se presentan en el Paraguay; por tanto, surge la siguiente pregunta genérica:

¿Cuál es el comportamiento de las heladas agrometeorológicas en el Paraguay hasta el 2014?

De esta pregunta surgen los siguientes cuestionamientos específicos:

- ¿Cuál es la densidad y calidad de datos de temperatura mínima de los datos?

- ¿Cuáles son las fechas de primeras y últimas heladas anuales?
- ¿Cuál es frecuencia y periodo de heladas en Paraguay?
- ¿Cuáles son los niveles de probabilidad de primeras y últimas heladas en cualquier punto del Paraguay?

1.2 **Objetivos**

General

- Diseñar una base de datos con información agroclimáticas de heladas para el territorio paraguayo, basado en observaciones registradas desde el inicio de datos de cada estación hasta el 2014; a fin de proveer información confiable que apoye los planes y programas de desarrollo del sector agropecuario.

Específicos

- Analizar la densidad y calidad de los datos de temperatura mínima.
- Organizar y estructurar sistemáticamente los datos y obtener las fechas de primeras y últimas heladas.
- Determinar frecuencia y periodo de heladas en Paraguay.
- Representar gráficamente los niveles de probabilidad de primeras y últimas heladas en cualquier punto del Paraguay.

2. MARCO TEÓRICO

Los cientos de millones de personas que manejan los sistemas agrícolas y alimentarios constituyen el mayor grupo de gestores de recursos naturales del planeta. “Las decisiones cotidianas de las personas que cultivan, crían ganado, pescan, gestionan los bosques y los agronegocios, son claves para la seguridad alimentaria mundial y la salud de los ecosistemas del planeta.” Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2015),

“Se debe de considerar que en los últimos 10 años los eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas, inundaciones, heladas, olas de calor, etc., han puesto en evidencia la alta vulnerabilidad del sistema productivo para enfrentar dichas situaciones”. (Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano, 2014).

Una de las adversidades a la que los productores deben enfrentarse son las heladas. Según la FAO (2005), sus efectos dañinos sobre los cultivos no siempre son los mismos, varían en su intensidad de acuerdo a los siguientes factores: especie y variedad considerada, tipo de órgano expuesto, etapa fenológica, contenido hídrico de la planta, intensidad, duración de la helada, temperatura de la planta y el órgano. Además, indica que los daños por heladas tienen un efecto drástico para la planta entera o pueden afectar únicamente a una pequeña parte del tejido de la planta, lo cual reduce el rendimiento o deprecia la calidad del producto.

“La cantidad de daño depende de la sensibilidad del cultivo a la congelación en el momento de producirse el evento y del tiempo que la temperatura está por debajo de la temperatura “crítica de daño”. Snyder y Melo-Abreu (2010). Así mismo, la resistencia a la helada, por parte de la planta, varía de una a otra. La temperatura crítica a la cual los diferentes órganos vegetales son perjudicados, difiere según especie y variedad. En Paraguay, existen 2 formas en la que se puede esperar que se produzcan heladas, la primera por radiación donde según Shaw (1953) (citado por Grassi - 1983), el tipo y condiciones de la planta, y la situación meteorológica afecta la extensión del daño. Bajo condiciones, particularmente con noches despejadas y viento en calma, situación propicia para una helada de radiación, las temperaturas de las hojas pueden ser considerablemente más bajas que la del aire en una caseta meteorológica a una altura de 1,5 metros del suelo; es por todo esto que suele tomarse diferentes umbrales de temperatura en las definiciones de heladas.

Por otro lado, tenemos heladas por advección, en el (Atlas Climático del Chaco Paraguayo, 2003) se expone que la advección de aire frío se produce a través del frente polar que transporta masas de aire frío y seco, que a veces producen fuertes heladas en el centro y oeste chaqueño, creando un polo de heladas durante el invierno, de junio a agosto, coincidente con las zonas más secas del Chaco. Así mismo, este fenómeno también se da en la región Oriental.

Burgos (1963), indica que la muerte de los tejidos vegetales ocurre cuando las temperaturas descienden a temperaturas muy bajas, que se

producen heladas y son consideradas un riesgo agrícola. Por lo tanto, considera helada a la ocurrencia de temperaturas iguales o inferiores a 0 °C, medido en abrigo meteorológico a 1,5 m de altura sobre el suelo. Fernández Long y Bernatán (2013) explican, que desde el punto de vista agrícola, pueden existir daños por heladas con temperaturas del aire mayores a 0 °C (helada agrometeorológica). En primer lugar, debido a que la temperatura de las hojas y de órganos suele estar a 3 ó 4 °C más baja que la del aire dependiendo del tipo de cultivo, por efecto de la radiación que los mismos emiten a la atmósfera.

La región Oriental del país, debido a la ausencia de barreras topográficas de importancia, es húmeda y con cambios moderados en las temperaturas; no presenta diferencias significativas entre el norte y el sur, y ningún área de esta región está enteramente libre del riesgo de heladas, (Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y medio Rural de la FAO, 2000). La zona de Itapúa presenta mayor periodo libre de heladas comparando con la región central del país (Mayeregger, 1995). Las heladas ocurren durante los meses de otoño e invierno, en general de mayo a septiembre, con picos en julio y agosto, las mismas son ocasionadas por la entrada de masas de aire polar desde el sur del continente sudamericano y representan un alto riesgo de pérdidas para la agricultura y la ganadería (Sturzenegger *et al*, 2009). Mancuello, 2011, por su parte observó durante el periodo 1980-2010, que el periodo libre de heladas, aumenta hacia el norte de la región Oriental.

3. CONTROL DE DATOS CLIMÁTICOS

Para la producción de productos con datos climáticos, el proceso previo es la realización de un control de todos los datos a ser utilizados. De esta manera se obtendrá una base de datos fiables discriminando todos los datos erróneos, que muchas veces son productos de una mala recolección de los datos, en una estación meteorológica convencional, ya sea por una mala lectura o de igual modo por la falta de calibración de los instrumentos.

Por ello, uno de los objetivos principales del proyecto, Caracterización de heladas agrometeorológicas en Paraguay, es el control de los datos y el

propósito de este apartado es la descripción de los pasos que fueron ejecutados para el conteo de datos faltantes, errores en la transcripción de los datos, así también la existencia de datos duplicados.

El proceso se llevó a cabo por medio de un software libre llamado R y R-Studio, el cual facilitó el procesamiento de todos los datos. Lo cual también facilitó el análisis de los datos por medio de planillas y gráficos.

3.1 Datos

El dato a ser controlado es la temperatura mínima registrada en la estación meteorológica convencional, las densidades de los datos corresponden a los años de inicio de las 22 estaciones convencionales activas, que posee la Dirección de Meteorología e Hidrología hasta el 2014, Fig.1 del ANEXO.

3.2 Procedimientos para identificación de datos climáticos sospechosos

El siguiente paso corresponde a la realización de un conjunto de controles de calidad a toda la serie de datos de temperatura mínimas de cada estación meteorológica. Siguiendo el manual de instrucciones de la metodología de cada tipo de control de calidad a ser utilizado.

3.2.1 Familias de controles de calidad

Según el Centro Regional del Clima (CRC), los controles de calidad de datos meteorológicos diarios que realizan, se organizaron en seis grandes grupos o “familias” y van de la siguiente manera.

a. Controles generales: Estos controles verifican la integridad general de los datos. Por ejemplo, se controla que no haya fechas duplicadas o fuera de secuencia en las observaciones diarias. Otra verificación que se realiza es la frecuencia con la cual se registran los valores decimales para cada variable. Desvíos muy marcados con respecto a una distribución aproximadamente uniforme de valores decimales de 0 a 9 (en el caso de las temperaturas, que se registran con un solo decimal), pueden alertar sobre la existencia de problemas potenciales en los datos.

b. Controles de rango fijo: Estos controles aseguran que no existan valores físicamente no realistas. Por ejemplo, una temperatura máxima diaria de 99°C está por encima del récord mundial. Es posible que un valor así corresponda a un código de valor faltante que no se ha definido apropiadamente como tal.

c. Controles de rango variable: En esta familia de controles, los rangos o umbrales usados para “marcar” valores sospechosos varían a lo largo del año, por lo que son más finos que en los tests de rango fijo. Por ejemplo, se puede ajustar un ciclo anual a los valores de temperatura mínima diaria y los valores extremos, se evalúan con respecto al valor esperado del ciclo anual para una fecha determinada.

d. Controles de continuidad temporal: Estos controles detectan la presencia de saltos o picos inusuales en las series de datos. Por ejemplo, un valor de temperatura media muy bajo en relación a los valores de los días adyacentes (el anterior y el siguiente), puede ser marcado como “sospechoso” por este test.

e. Controles de consistencia entre variables: Una serie de controles en esta familia o grupo, evalúan la consistencia entre valores de variables que deben guardar cierta consistencia. Un ejemplo obvio es la verificación de que la temperatura mínima diaria sea menor o igual que la temperatura máxima diaria.

f. Controles de consistencia espacial: Todos los controles descritos anteriormente se realizan sobre los datos de una única estación meteorológica, (aunque en algunos controles se use más de una variable). En este grupo de test, sin embargo, los valores de una variable para una estación determinada (que generalmente se denomina la “estación central”), se comparan con los valores de esa variable para estaciones geográficamente cercanas (o “estaciones vecinas”).

3.3 Implementación de los controles de calidad

Todos los tests de control de calidad se implementaron en el lenguaje R (R Core Team, 2013), un entorno de programación diseñado para realizar análisis estadísticos y visualizar datos. El R es software abierto y sin costo, y está disponible para varias plataformas (Windows, Mac OS, Linux) bajo los

términos de la Licencia Pública General GNU (GNU-GPL, por sus siglas en inglés; ver <http://www.r-project.org/Licenses/GPL-3>).

Una ventaja del lenguaje R es la existencia de una gran variedad de paquetes contribuidos por la comunidad de usuarios a nivel mundial que expanden la funcionalidad del lenguaje (ver, por ejemplo <http://crantastic.org/> o <http://dirk.eddelbuettel.com/cranberries/>). Estos paquetes ahorran tener que programar todos los cálculos deseados. Por ejemplo, existen al menos dos paquetes que permiten calcular el largo teórico del día (o sea, el número máximo de horas de sol), en función de la latitud y día del año.

3.4 Resultados de los controles de calidad

El resultado de esta etapa es una serie de datos marcados como “sospechosos”, que a continuación deben verificarse en forma manual, usando como fuente los registros oficiales. Es decir, los controles de calidad no intentan “corregir” los datos, sino que se limitan a identificar valores que pueden ser errores verdaderos o no.

Etiquetas de registro:

Antes del control de calidad, los registros recientemente importados tienen una etiqueta que indica su estado “pendiente” (o sea, que debe pasar por los controles). Una vez que un registro pasa por el control de calidad, se le asigna una nueva etiqueta cuyo valor depende del resultado de los controles de calidad. Las etiquetas asignadas a cada registro después de los controles de calidad pueden tomar los valores:

- “Dudoso” en el caso de que al menos una variable en el registro falle algún control de calidad; o
- “Validado” si todas las variables en un registro pasan todos los controles de calidad.

Etiquetas de variables:

Además de las etiquetas que indican el estado de todo un registro completo, se asignan etiquetas a cada variable en un registro dentro de la base de datos. Después del control de calidad (pero antes de la verificación manual de los datos dudosos, descrita en la sección siguiente), una variable en un registro puede tomar los valores:

- “Faltante” si el valor de la variable no está disponible;
- “Sospechoso” si la variable falla al menos uno de los controles de calidad; o
- “Aprobado” si la variable pasa exitosamente todos los controles.

3.5 Verificación manual de datos sospechosos

Debido a que la finalidad del control de la calidad no es la de corregir los datos, como ya lo habíamos mencionado anteriormente, el siguiente paso es la verificación de estos datos que a simple vista ya son errores o de categoría dudosa. Es por ello, que estos datos deben ser almacenados y clasificados nuevamente, para generar un paquete de datos que serán controlados manualmente con la base de datos central, que sería nuestra la fuente, en este caso la Dirección de Meteorología e Hidrología; el encargado del departamento de la gestión almacenamiento de los datos, nos ayudará a la verificación manual, lo cual implica el criterio mismo del que realiza el control, y además de ello tener en cuenta el comportamiento sinóptico, así también las demás variables, como temperatura máxima y precipitación.

3.6 Procedimientos para inicialización del control de calidad mediante R

En este apartado se detallará los controles que se llevaron cabo para cada software de control de calidad, de esta manera los tests a los que fueron sometidos.

3.6.1 Control con Rclimdex_extraqc

Origen y desarrollo de rclimdex_extraQC.r es una rutina que corre sobre la plataforma R. Se origina en el software de control de calidad y cálculo de índices de cambio climático desarrollada por Environment Canadá, para el Expert Team on Climate Change Detection and Índices. Incluye un conjunto rutinas adicionales (Extra_QC) para un control de calidad más preciso e intensivo preparadas por Enric Aguilar (Centre for Climate Change, C3) y Marc Prohom (Servei Meteorològic de Catalunya).

Requerimientos: Versión de R: **2.14**

Como vemos para iniciar utilizamos Rclimdex_extraqc que posee muchas ventajas y observaremos los resultados mediante una serie de planillas en .txt posibles errores o datos dudosos en nuestra serie de datos.

Los datos de entrada y salida se encuentran en formato .txt ordenadas en columnas, de manera que el año sea la primera columna, seguida del mes, día, precipitación (Preci), temperatura máxima (Tmax) y por último temperatura mínima (Tmin). Desde el inicio de los datos hasta el 2014.

- **Fechas duplicadas (duplicates.txt):** En caso de que una combinación de año/mes/día aparezca más de una vez, será mostrada en este fichero. Para nuestra serie de datos no hubo fechas duplicadas.
- **Temperatura máxima y temperatura máxima (tmaxmin.txt):** Registros en los que la temperatura máxima es inferior o igual a la mínima. En la Fig. 2 podemos observar un ejemplo en la estación de Asunción, donde tenemos que en la fecha 1970/06/10, se registró una precipitación acumulada de 37mm, Tmax 2.7°C y Tmin 20°C, claramente se visualiza que la temperatura mínima registrada fue mayor a la temperatura máxima, caso que es imposible. Por otro lado, en la Fig. 3 tenemos un ejemplo donde la Tmax es igual a Tmin.
- **Repetición de temperatura mínima (tn_flatline.txt):** Grupo de valores de temperatura mínima que participan en rachas de al menos tres valores consecutivos idénticos.
Para la estación de Villarrica que a lo largo de la serie de datos en varios años hubo Tmin que se repitieron 3 veces consecutivos, el 30 de enero 1992 incluso 4 veces se repitió el valor de 22°C. Fig.4.
- **Salto de temperatura mínima (tn_jumps.txt):** Grupo de valores de diferencias en temperatura mínima en dos días consecutivos superiores a 20°C.

Se puede observar que en la estación de Bahía Negra hay una diferencia espacial de 20.6°C en días consecutivos, entre los días 7 y 8 de noviembre de 2012. Fig. 5

- **toolarge.txt:** volcado de valores considerados excesivamente elevados (valor absoluto > 50 para tn.
Para la serie de datos no registró valores mayores a 50.
- **Diagramas box-plot (boxes.pdf)** mensuales para el conjunto de la serie, temperatura mínima diaria y DTR (máxima – mínima).
Este gráfico nos muestra aquellos valores, que superan el tercer cuartil, + 3 veces el rango intercuartílicos o los que no alcanzan el primer cuartil – 3 veces el rango intercuartílico. Lo cual no muestra los valores atípicos y la ubicación de dichos datos con otra planilla y dichos datos. Allí se observa que los valores atípicos podrían ser datos, los cuales tienen una variación muy grande entre la Tmax y Tmin. Fig. 6. Mediante un archivo en txt se observa la ubicación de los valores atípicos para la estación de Adrián Jara. De esta manera puede ser controlado Fig. 7.
- **boxseries.pdf:** diagramas de caja para las mismas variables, pero graficados como series anuales. Este gráfico pertenece a la estación de Ciudad del Este. Fig. 8.
- **Diagramas de frecuencia de los 10 valores posibles:** En este punto se resalta la variación de los datos después de los decimales, y se observa que la estación de Asunción en la margen del redondeo, es alto para 0.0, ya que demuestra que la frecuencia es mayor. Fig. 9.

Serie de datos diario de temperatura mínima (Tmin), distribuidos a lo largo de los años, en el cual también se puede observar los años con datos faltantes, así también los extremos de los valores y el comportamiento que tiene año tras año. Fig. 10.

3.7 Control de calidad con AndesQc

ANDESQC se ha programado sobre R, a partir de RClimdex-extraqc y ha sido realizado bajo el contrato CCI-009-ATN/OC-12439-RG-2012 para en Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño - CIIFEN. Fue utilizado para realizar un segundo control de datos, pero esta vez con los datos sometidos a RClimdex-extraqc y corregidos mediante la fuente de datos de la Dirección de Meteorología e Hidrología.

Requerimientos: Versión de R: **3.01**

En la Fig. 11. Se muestra un ejemplo de la forma en que se despliega los datos de principio a fin, para la estación de Asunción, así mismo también en un plano resumido, tenemos los datos faltantes, para cada una de las estaciones a ser controladas. En la Fig. 12 tenemos un ejemplo de la estación de Asunción, donde se observa que en el primer año analizado, 1959 posee el mayor número de datos faltantes.

3.7.1 Tests aplicados a la serie de datos de temperatura mínima (Tmin),

Los diferentes tests a lo que fueron sometidos son similares a los anteriores, con la diferencia que AndesQc posee nuevos tests que describiremos a continuación.

1. Valores atípicos por meses (**fourboxes ()**). Fig. 13.

- Test ya incluido en extra-qc.
- Estratifica cada una de las variables temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y precipitación distinta de 0 por meses y produce diagramas de caja (boxplot) de las mismas
- Identifica como Valores atípicos aquellos valores que:
 - Se encuentren por encima del percentil $75 + n$ rangos intercuartílicos (RIC)
 - Se encuentren por debajo del percentil $25 - n$ RIC

Donde $n = 1, 2, 3, \dots$

2. Valores atípicos pentadales **pentaouts ()**

- Test de nueva implementación
- Estratifica cada una de las variables TX, TN por ventanas móviles de 5 días. Identifica como Valores atípicos para el día central de cada ventana, aquellos valores que:
 - Se encuentren por encima del percentil $75 + n$ RIC
 - Se encuentren por debajo del percentil $25 - n$ RIC
- Nota: los valores de referencia para cada uno de los 365 días julianos, se encienden suavizados mediante una media móvil de 11 puntos.

3. Valores atípicos espaciales **percentcor ()**

4. $T_{max} < T_{min}$ **tmaxmim ()**

- Test ya implementado en extra-qc
- Dada la definición OMM de temperatura máxima diaria y temperatura mínima diaria, la primera debe ser mayor a la segunda.
- Se identifican como erróneos aquellos valores para los que la anterior afirmación no se cumple.

5. Valores fuera de rango **humongous ()**

- Test ya implementado en extra-qc
- Identifica valores que se consideran imposibles, como temperaturas de 100°C
- Los valores etiquetados por este test no son considerados Valores atípicos o valores sospechosos sino **ERRORES**.

6. Diferencias interdiarias **jumps ()**

- Test ya implementado en extra-qc. Reprogramado para mejorar eficiencia.
- Identifica valores de TX y TN cuya diferencia con la siguiente observación es considerada excesiva.

7. Valores consecutivos **flatline ()**

- Test ya implementado en extra-qc. Reprogramado para mejorar eficiencia.
- Identifica rachas consideradas demasiado largas de valores consecutivos iguales para TX, TN y precipitación distinta de 0.

8. Cadenas de Markov **markovchain ()**

- Test de nueva implementación.
- Se trata de un test de notable complejidad estadística. Se basa en cadenas de Markov de dos estados:
(Seco = 0; húmedo = distinto de cero) y rango 1
- Las series de precipitación se estratifican por ventanas móviles de 11 días.
- Se evalúan las probabilidades transicionales de una observación a la siguiente:
 - P0 = probabilidad de día lluvioso; P1 = probabilidad de día seco
 - P00 = probabilidad día seco tras día seco; P01 probabilidad día lluvioso tras día seco.
- Con las probabilidades obtenidas, se utiliza la distribución geométrica, para extraer de la misma la racha que representa un determinado cuantil.
- De encontrarse una racha que exceda la determinada anteriormente, se etiquetarán como sospechosos
- todos los días que la componen más el anterior y el posterior.

9. Redondeo **tableround ()**

- Adicionalmente a la salida gráfica para evaluación cualitativa ya presente en `extraqc`, se ofrece un test que etiqueta valores sospechosos.
- Se basa en determinar el número máximo de observaciones que se permiten con el mismo valor tras el punto decimal (.0 a .9).
- Se aplica a TX, TN y precipitación distinta de 0.0
- Todos los valores implicados en dicha racha son etiquetados.

3.7.2 Resultados del Andesqc

Esta es la forma en que despliega los resultados de todos los tests implementados, Fig. 14., un archivo por estación donde encabeza el identificativo de estación, el año, mes, día, dato de precipitación, Tmax, Tmin y los resultados denotados por 0 (cero) test aprobado o 1 (uno) test

fallado, lo cual implica un dato erróneo o dudoso. En la Fig., 15 la serie de datos de Asunción, se observa el indicativo de la estación, el año, mes, día, dato de precipitación, Tmax, Tmin y tnse (Secuencia de valores iguales, TN), rotn (Sospecha redondeo TN), uptn (Outlier pentadal TN, valor alto), lotn (Outlier pentadal TN, valor bajo) y sptn (Outlier espacial, TN), donde, 0 (cero) test aprobado o 1 (uno) test fallado, lo cual implica un dato erróneo o dudoso.

4. TÉCNICAS A EMPLEAR

4.1 Heladas meteorológicas y agrometeorológicas

Desde el punto de vista meteorológico se considera helada a todo descenso térmico igual o inferior a cero grados Celsius medido en un abrigo meteorológico. Sin embargo, este concepto varía ampliamente desde el punto de vista agrícola, que considera helada a todo descenso térmico, capaz de causar daño a los tejidos vegetales, de acuerdo con la especie, la variedad, el estado fenológico y sanitario, etc. En niveles cercanos a la superficie del suelo, la temperatura mínima, suele diferir considerablemente de la observada en el abrigo.

Según estudios realizados por Burgos (1963), la helada agrometeorológica es el descenso de la temperatura que equivale a cero grados en la superficie. Por lo que define como la temperatura igual o menor a 3 grados Celsius en una garita meteorológica.

En el presente trabajo se analiza la helada meteorológica, (temperatura mínima menor o igual a cero grados en la garita) y la helada agrometeorológica (temperatura mínima menor o igual a 3 grados Celsius en la garita meteorológica).

4.2 Fechas de primeras y últimas heladas

Teniendo en cuenta que la helada meteorológica; temperatura igual o inferior a cero grados, y la helada agrometeorológica; temperatura igual o menor a tres grados centígrados, ambas medidas en el abrigo meteorológico. Para calcular las fechas de primera (FPH) y última helada (FUH) de acuerdo con el criterio ya utilizado por Pascale y Damario (2004), el cual considera primeras heladas o heladas tempranas a aquellas ocurridas antes del 15 de julio, y últimas o tardías a las ocurridas después de esa fecha, de manera que puede haber años en los cuales no se tendrán primeras heladas y sí últimas, y viceversa. Se obtendrá el porcentaje de años en los cuales se registraron primeras y últimas heladas. Las series de FPH y FUH se ajustarán a una función de distribución teórica.

4.3 Datos faltantes

Dado que las series de datos diarios poseen una gran cantidad de faltantes, y con el objetivo de no inducir a errores ni descartar información útil, se contará la cantidad de días faltantes en los meses de abril a julio, (principales meses, en los cuales ocurren las primeras heladas) y de julio a octubre (últimas heladas). En los casos en que el número de datos faltantes en ese período fuese mayor al 20% de los datos, ese año se considerará como faltante y se eliminará del análisis posterior.

5. MÉTODOS

5.1 Cálculo de parámetros

En algunas regiones en Paraguay, existen años en los que no se registran heladas, por lo que, para el cálculo de la fecha media de primera y última helada, así como para el resto de las fechas, la función de probabilidad será ajustada por el número de años en los que se registraron heladas. En primer lugar, se calculará el número total de años utilizados (N_{total}) y el número de años en los que ocurrieron heladas, ya sean primeras (N_{cPH}) o últimas (N_{cUH}). Luego, los porcentajes de años con primeras ($\%cPH$) y últimas heladas ($\%cUH$) como:

$$\%cPH = \frac{N_{cPH}}{N_{total}} * 100 \quad (1)$$

$$\%cUH = \frac{N_{cUH}}{N_{total}} * 100 \quad (2)$$

Para el cálculo de cualquier fecha con probabilidad p , la misma se ajusta con los coeficientes $\%cPH$ o $\%cUH$ según corresponda. Por ejemplo, la fecha media de primera helada se calcula con el percentil P_{50} ajustado ($P_{50 aj}$) de la FPH en función al porcentaje de años con primeras heladas ($\%cPH$), de la siguiente manera:

$$P_{50 aj} = \%cPH * 0,5 \quad (3)$$

De la misma manera, para calcular la fecha media de última helada, se calcula con el percentil P_{50} ajustado de la serie de FUH, en este caso, por el porcentaje de años con últimas heladas ($\%cUH$).

Para calcular la fecha antes de la cual existe una probabilidad del 20% de que ocurran heladas, se calcula con el percentil P_{20} ajustado ($P_{20\ aj}$) de la serie de FPH; donde:

$$P_{20\ aj} = \%cPH * 0,2 \quad (4)$$

Análogamente, para calcular la fecha a partir de la cual existe una probabilidad del 20% de que ocurran heladas, se calcula como el percentil P_{80} ajustado con el $\%cUH$ de la serie de FUH, donde:

$$P_{80\ aj} = \%cUH * 0,8 \quad (5)$$

Además, se calculó el período con heladas (PER) como:

$$PER = FUH - FPH + 1 \quad (6)$$

Dónde FUH es la fecha de última helada, y FPH es la fecha de primera helada expresada en días julianos.

Se buscará para cada año, y en cada lugar, la temperatura mínima absoluta (Tabs) registrada y la frecuencia de días con heladas (FH). Para cada una de las cinco variables (FPH, FUH, PER, Tabs y FH) se calculará el promedio (en el caso de FPH y FUH, se corrigió de acuerdo con lo antes explicado), la desviación estándar, los valores extremos con su año de ocurrencia, y los valores correspondientes a la probabilidad del 20%, nivel de probabilidad considerado como valor estándar de riesgo.

5.2 Funciones de distribución

Las fechas de ocurrencia de una helada pueden considerarse como los valores de una variable aleatoria, por lo cual, es posible encontrar una función de distribución para las mismas. El modelo para determinar la probabilidad de

heladas es un modelo mixto de dos distribuciones: una discreta (ocurre o no ocurre la helada) y una continua (ocurrencia de helada a partir o antes de una fecha dada, cuando ha ocurrido helada) (Thom, 1954).

Según (Fernández, Barnatán, Dominici, & Murphy, 2015), que una función de distribución continua puede expresarse como:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du \quad (7)$$

Donde $f(u)$ es la función de densidad de probabilidades y $F(-\infty) = 0$ y $F(\infty) = 1$. Aquí $F(x)$ es la probabilidad de que u sea menor o igual que x . En primavera el interés está puesto principalmente en las últimas heladas y en la probabilidad de que éstas ocurran después de una determinada fecha x , y, por lo tanto, en $1 - F(x)$. En otoño, el interés está puesto en las primeras heladas y en la probabilidad de que ocurran antes de x , que estará dado por $F(x)$.

Para la determinación de la función de distribución discreta de últimas heladas, se define q_s como la probabilidad de que NO ocurran heladas después del 15 de julio y p_s como la probabilidad de que SÍ ocurran, de esta manera $q_s + p_s = 1$. Por lo tanto, de acuerdo con la definición de distribuciones mixtas (Thom, 1954), la función de distribución de últimas heladas será:

$$G(x) = q_s + p_s F_s(x) \quad (8)$$

Donde $F_s(x)$ es la función de distribución de últimas heladas cuando éstas ocurren y $G(x)$ da la probabilidad de que ocurran o no heladas antes de una determinada fecha x . Como se mencionó, el interés general está en calcular la probabilidad de heladas después de una determinada fecha x entonces:

$$H(x) = 1 - G(x) \quad (9)$$

Reemplazando por (8) en (9) queda:

$$H(x) = 1 - (q_s + p_s F_s(x)) \quad (10)$$

Como $q_s + p_s = 1$, se puede escribir $q_s = 1 - p_s$, entonces:

$$H(x) = 1 - (1 - p_s + p_s F_s(x)) \quad (11)$$

Luego

$$H(x) = p_s (1 - F_s(x)) \quad (12)$$

Si se define $I(x) = 1 - F_s(x)$, entonces:

$$H(x) = p_s I(x) \quad (13)$$

La ecuación (13) da la probabilidad de que ocurran últimas heladas después de una determinada fecha x .

Para el caso de primeras heladas, se tiene una función de distribución mixta similar, excepto que la probabilidad de NO helada está ahora concentrada después del período de heladas otoñales y no entra en la probabilidad antes de x . Por lo tanto, la función de distribución es:

$$J(x) = p_A F_A(x) \quad (14)$$

Donde $F_A(x)$ es la función de distribución de primeras heladas cuando éstas ocurren, p_A es la probabilidad de que ocurran primeras heladas y $J(x)$ es la probabilidad de que ocurran o no heladas antes de una determinada fecha x .

Las expresiones (13) y (14) son generales, y como puede verse, si todos los años se registran primeras y últimas heladas entonces: $q=0$ y $p=1$.

5.3 Funciones de distribución empírica

Para la estimación de las probabilidades, se determina en primer lugar las series FPH y FUH. Es importante distinguir en estas series aquellos años en los cuales no se registran primeras y/o últimas heladas, de aquellos en los

que faltan los datos. Es posible que, durante un año, si bien no falta ningún dato, no se registraron heladas porque la temperatura del aire durante ese año no disminuyó por debajo del umbral considerado como helada; o también puede ocurrir que durante un año se registre una sola helada, por ejemplo, el día 15 de junio, en esos casos se tiene FPH, pero no se tiene FUH, y se asigna el código de “sin helada” en FUH.

Una vez determinada las series de FPH y FUH se ordenan los valores de menor a mayor asignándoles un número de orden k . La función de distribución empírica de FUH en los años en que se registraron últimas heladas F_S^* queda determinada como:

$$F_S^* = \frac{k}{m+1} \quad (15)$$

Dónde m es el número de años con últimas heladas. Por lo tanto, la función de distribución I^* que determina la probabilidad empírica de ocurrencias de heladas después de una determinada fecha (en los años que ocurrió helada) será:

$$I^* = 1 - \frac{k}{m+1} \quad (16)$$

Para calcular la función de distribución empírica de ocurrencia o no de últimas heladas H^* es necesario determinar primero la probabilidad de ocurrencia de heladas tardías p_s^* como:

$$p_s^* = \frac{m}{n} \quad (17)$$

Dónde n es el número de años con datos; por lo tanto, $n - m$ será el número de años sin últimas heladas. Entonces, H^* se puede expresar como:

$$H^* = p_s^* I^* \quad (18)$$

De forma análoga se calcula la función de distribución empírica de ocurrencia de primeras heladas J^* .

5.4 Funciones de distribución teórica

En aquellos casos que los datos permiten, es recomendable utilizar funciones de distribución teóricas en lugar de funciones empíricas debido a que de esta forma se eliminan irregularidades en los datos, además permite la generación de valores extremos y fuera del rango de los datos observados. (Fernández, Barnatán, Dominici, & Murphy, 2015). Menciona que numerosos autores como (Reed, 1916; Thom y Shaw, 1958; Thom, 1959; Vestal, 1971; Bravo-Tapia, 1992; Burgos, 1963; Billiet, 2012), han demostrado que las series de FPH y FUH se comportan en la mayoría de los casos como una normal. Para aseverar que la información que se posee se comporta de manera normal es necesario obtener la función teórica y comparar las diferencias existentes entre la probabilidad empírica de la muestra y la teórica y testarlo estadísticamente. La función normal teórica es:

$$f(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (19)$$

Si reemplazamos (19) en (7) queda:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma^2}} du \quad (20)$$

Luego, para confirmar el ajuste (Fernández, Barnatán, Dominici, & Murphy, 2015) menciona a (Wilks, 2006), que utiliza el test de Kolmogorov-Smirnov con un $\alpha=0,05$. En caso que los datos se ajusten, pueden ser considerados como una distribución normal, la cual es estandarizada $N(\mu, \sigma)$ y permite determinar la fecha x antes de la cual se tiene una probabilidad de ocurrencia de heladas a partir de la tabla de $N(0,1)$. Utilizando la expresión:

$$x = z \sigma + \mu \quad (21)$$

Donde x es la fecha asociada a la probabilidad de ocurrencia del evento, σ es la desviación estándar y μ la fecha media de primera o última helada, según sea el caso.

6. CLASIFICACIÓN DE LAS HELADAS AGROMETEOROLÓGICAS EN PARAGUAY

Para el análisis de la caracterización de heladas se presentan los datos Tabla1, donde se expone los datos de todas las estaciones que fueron analizadas, al igual que en la Fig. 1 la distribución geográfica.

En la Tabla 2, se presenta los resultados obtenidos del análisis, donde se observa los valores medios con 50% de probabilidad de fecha de primera (FPH) y fecha de última helada (FUH), periodo de heladas (PER), temperatura mínima absoluta (T_{abs}), frecuencia de heladas (FH) para las heladas meteorológicas y agrometeorológicas. Tomando como ejemplo la estación de Asunción podemos observar que para heladas meteorológicas hubo fecha de última helada pero no de primera helada, lo cual imposibilita el cálculo de periodo medio de heladas, de esta manera el 19 de julio es la fecha media considerada como fecha de última helada, y el valor de temperatura mínima medio es de -1°C con una frecuencia de media de 0, lo que indica la baja y casi nula ocurrencia de temperaturas cercanas y menores a cero grados Celsius para dicha estación, por otro lado para heladas agrometeorológicas existen mayores eventos donde se registraron temperaturas menores o iguales a 3 °C ; el 12 de junio es la fecha media de la fecha de primera helada y 28 de julio la fecha media de última helada con un periodo medio de 48 días, el valor medio de T_{min} es de 1° C con frecuencia media de 3 eventos cada 5 años.

Por ejemplo, en la Fig. 18(b) para Encarnación, ciudad del departamento de Itapúa, se muestra la funcione mixta teórica de la distribución acumulada de las series de FPH y FUH. Se observa que existe un menor número de años con últimas heladas, que se traduce en una probabilidad acumulada total inferior a las primeras. Esto se debe a que, de los 62 años estudiados, de los cuales 9 años no se registraron heladas y 20 no se produjeron primeras heladas y 24 últimas heladas, con probabilidad de 0.68 para FPH y 0.58 para FUH. Caso contrario se da en la estación de Pratt's Gill Fig. 16(a), donde se observa que el número de años de primeras heladas es menor. El período con heladas, es delimitado por la línea de color azul, probable de ocurrir en uno de cada cinco años (20% de probabilidad), permitiendo apreciar a simple vista, la

mayor o menor peligrosidad de las heladas en las distintas estaciones meteorológicas presentadas. En Encarnación, el período con heladas son los más extensos (112 días).

En ninguna de las estaciones, las curvas de frecuencia acumulada llegan a uno, indicando que muy pocos años se registran eventos de heladas meteorológicas. Mientras que para heladas agrometeorológicas en la estación de Pratt's Gill la curva de frecuencia llega a uno para las últimas heladas.

En la tabla 3 a la 11 se presentan los resultados de la información agroclimáticas de heladas meteorológicas y agrometeorológicas respectivamente; tomando como ejemplo un análisis agrometeorológico a la estación de Gral. Bruguéz Tabla 6(c), en la primera fila, además del nombre de la estación, se muestra el período de años analizado. Luego, se detallan los valores medios de las FPH, FUH, PER, Tabs y FH. En este caso, las heladas comienzan en promedio el 8 de junio y terminan el 25 de agosto, generando un período medio con heladas de 79 días. El promedio de las temperaturas más bajas registradas en cada uno de los 23 años fue de $-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, y el número de heladas promedio por año es de 10 casos, lo que indica son escasos los días en donde se registran temperaturas por debajo de los $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la fila siguiente se presentan los desvíos de cada una de las variables analizadas, poniendo de manifiesto, en este caso, que las FPH poseen un desvío algo mayor (20 días) que las FUH (18 días).

Además, se presentan los valores correspondientes a la probabilidad del 20% de cada una de las cinco variables, por ser éste un valor de riesgo comúnmente utilizado. Por lo tanto, si bien la fecha media de primera helada, en esta región, corresponde al 8 de junio; si un productor asume un riesgo del 20%, debería considerar que las heladas comenzarían el 25 de mayo. De la misma manera, la fecha de última helada con una probabilidad de ocurrencia del 20%, corresponde al 27 de septiembre, indicando que uno de cada cinco años es de esperar que ocurrieran heladas a partir de ese momento.

También se informan los valores extremos de cada una de las variables, indicando en cada caso el año de ocurrencia. En Gral. Bruguéz, de los 23 años analizados, la fecha de helada más temprana de la que se tiene registro

corresponde al 8 de mayo de 2003, mientras que la fecha de helada más tardía se registró el 27 de septiembre de 2012. El período con heladas más extenso fue de 128 días y ocurrió durante el año 2003. La temperatura mínima más baja en esta estación fue de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, registrada en el año 1993, y el año con más heladas fue en 2003 con 19 días.

En las últimas filas de los cuadros se muestra el número de años utilizados para el cálculo de cada una de las variables. Estos valores pueden diferir unos de otros, debido a que la cantidad de datos faltantes antes del 15 de julio, es distinta a la cantidad después de esa fecha. Así mismo, para poder realizar el cálculo del PER en un año determinado, los años considerados en ambas variables (FPH y FUH) deben coincidir, de manera que este valor es siempre menor o igual que los anteriores.

Además, para cada estación meteorológica, se presenta el gráfico de la evolución temporal del período con heladas (Figuras 29 a 53) heladas meteorológicas y agrometeorológicas en las distintas estaciones, donde puede verse el período con helada en cada uno de los años analizados. En estos gráficos se adicionó una línea correspondiente al 15 de mayo y 15 de septiembre como referencia visual. Por ejemplo, se observa que, en casi la totalidad de la estación, las últimas heladas ocurren casi siempre antes del 15 de septiembre; mientras que las primeras heladas son más riesgosas habiéndose registrado varios años antes del 1 de mayo para la estación de Pratt's Gill en heladas agrometeorológicas Fig. 35.

Para los casos en que no se realizó la observación meteorológica (datos faltantes), ese año figura en blanco, sin barra alguna. En los casos en que, habiéndose realizado la observación, no se registraron heladas, se grafica sólo una raya vertical. La Fig.45 muestra la evolución temporal del período con heladas en la estación de Paraguarí, heladas agrometeorológica, donde se ve claramente que en los años (1995-2005) no se realizaron observaciones, mientras que, en los años 1982, 1989, 1992 y 2014, habiéndose realizado observaciones, no se registraron heladas.

Por otro lado, en los diferentes mapas de heladas, Mapa 1(a) y (b) podemos observar la distribución de fechas de primeras heladas (FPH), meteorológicas y agrometeorológicas en las distintas estaciones de la región.

La escala se encuentra en días julianos y asociada al primer color celeste, valor 142 (en fecha juliana), en la fecha gregoriana es 22 de mayo; aumentando de semana en semana (7 días), hasta llegar al valor de 196 que sería el 15 de julio, tono de amarillo al anaranjado, donde todos los eventos que ocurrieron antes del 15 de julio, son fecha de primera helada. Se observa que para el análisis de heladas meteorológicas, son más tempranas para las estaciones del sur-oeste y parte del norte de la región Oriental, en las últimas semanas del mes de mayo y primeras semanas de junio, y entre la segunda y tercera semanas de junio, para el este de la región Oriental y el centro-norte del Chaco, Mapa 1(a). En comparación con las heladas agrometeorológicas, en las estaciones del sureste de la región Oriental, así como el extremo sur y norte del Chaco, se dan entre la última semana de mayo; para el resto del país entre la primera semana de junio y la quincena del mes de junio, por ende son mayoritariamente más tempranas a las meteorológicas ya que se dan mucho antes del 15 de julio.

El Mapa 2 (a) y (b) muestra la distribución de la fecha de última helada (FUH), tanto meteorológicas como agrometeorológicas. Fue considerada a partir de la fecha 15 de julio en adelante, por ello el valor mínimo en la escala de dichos mapas es de 196, color anaranjado más oscuro y aumentado de semana a semana (7 días) hasta llegar al día 245, fecha 2 de setiembre con colores de amarillo a celeste contrario a la escala de colores de FPH. En el Mapa 2(a), la distribución de FUH muestra que para las estaciones del norte de la región Oriental y Occidental los valores medios se darían entre 15 de julio y 24 de julio, mientras que para heladas agrometeorológicas Mapa 2(b), se encuentran al norte del Chaco.

Al comparar los Mapa 3(a) y 3(b) se observa que, como era de esperar, las isólinas presentan un comportamiento similar; pero con valores diferentes, abarcando áreas más extensas de períodos con heladas de menor ocurrencia como lo es en el caso de las meteorológicas Mapa 3(a) en donde hacia el centro-norte de la región, el periodo de heladas es mucho menor. Este mapa confirma que las heladas meteorológicas son muy escasas y en la Tabla 2 se puede confirmar con los valores de frecuencia de heladas donde son muy

bajos, así mismo la ocurrencia de heladas es escasa, tan escasa que muchas de las estaciones no se ajustaron a la distribución gaussiana. Con el Mapa 3(b), se comprueba que el rango de probabilidad media de frecuencia de las heladas agrometeorológicas es mayor, en donde incluso hacia el sur de la región el periodo estaría alcanzando alrededor de 100 días.

7. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron y analizaron los resultados obtenidos de fechas medias de primeras y últimas heladas. Además, se generó una base de datos con información agroclimática de heladas para dos umbrales (0°C y 3°C) en 22 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio de la República del Paraguay.

El análisis de las metodologías pone de manifiesto importantes diferencias de los resultados, principalmente cuando se realiza en localidades ubicadas en climas más cálidos en los que no todos los años se presentan heladas. En estos casos es fundamental aclarar la metodología utilizada para que el análisis de los resultados no lleve a decisiones incorrectas. Es de suma importancia recordar que las fechas de primera y última heladas suelen condicionar los calendarios agrícolas y determinar en muchos casos la elección en las fechas de siembra de muchos de los cultivos de granos que se realizan en nuestro país. Es por esto que la probabilidad de ocurrencia de las primeras y últimas heladas debe ser calculada para toda la serie de años y no sólo para los años en que ocurrió el evento.

Por último, el análisis espacial de los resultados pone de manifiesto la gran influencia de los principales factores determinantes del clima en la distribución espacial de las isolíneas, generando una gran variabilidad en los resultados, con períodos de heladas meteorológicas que van desde los 61 días para Encarnación a cero días en el norte de Paraguay. Tampoco hay áreas suficientemente extensas en las cuales el período medio libre de heladas agrometeorológicas permita la explotación, sin riesgos de especies que no resisten los 3 °C en abrigo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ABC, 2013, La helada ocasionó pérdidas de más de 5000 cabezas de ganado.
- BURGOS, J.J; 1963. Las heladas en la Argentina. Buenos Aires: Editora CONI. 387p. (Colección Científica del INTA).
- DIARIO LA NACIÓN, 2013. Coordinadora Agrícola del Paraguay, se perdió el 30% de la producción total de trigo.
- DR. E. AGUILAR, URV DE TARRAGONA, ESPAÑA. Control De Calidad Con Andesqc Tests Implementados.
- DR. E. AGUILAR, J. SIGRÓ Y M.BRUNET, C3. Rclimindex con funcionalidades extras de control de calidad.
- FAO. 2015. La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. (En línea)... Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4997s.pdf>.
- FAO. 2005. Daño producido por las heladas: fisiología y temperaturas críticas. (En línea). Consultado 7 nov 2013. Disponible en www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s05.pdf
- FERNÁNDEZ LONG, M.E; BARNATÁN, I. E; DOMINICI, C.; MURPHY,G. 2015. Información Agroclimática de las heladas en la Angorina: Generación y uso. 38p.
- FERNÁNDEZ LONG, M.E; BARNATÁN, I. E; SPECHA, L; HURTADO, R; MURPHY,G. 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos años. IX Congreso Argentino de Meteorología. 10p.
- FERNÁNDEZ LONG, M. E; BARNATÁN, I. E. 2013. Adversidades climáticas: Heladas. En Agrometeorología. Editores Murphy, G.M; Hurtado, R.H. 2^{da} ed. Facultad de Agronomía, UBA. 315-337p.
- FERNÁNDEZ LONG, M. E.; MÜLLER, G. V.; BELTRAN-PRZEKURAT, A. and SCARPATI, O. E. 2013. Long- and short- term changes in temperature-based agroclimatic indices in Argentina. *International Journal of Climatology* 33: 1673–1686 (2013).
- GRASSI CANTERO, B. A.1983. Riesgos de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala respecto a los cultivos básicos. Tesis (M. Sc.). México. Colegio de Postgraduados.120p.

- GRASSI, B.A., 2003, Atlas Climático del Chaco Paraguayo, Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco, USAID, Asunción, Paraguay. 8-31p.
- G. PODESTÁ, M. SKANSI, N. HERRERA, H. VEIGA, S. ROVERE. Diseño del proceso de control de calidad de datos climáticos diarios en el Centro Regional Para El Sur De América Del Sur. CRC-SAS-2013.
- G. PODESTÁ, M. SKANSI, N. HERRERA, H. VEIGA. Descripciones de controles de calidad de datos climáticos diarios implementados por el Centro regional para el sur de américa del sur. CRC-SAS-2014.
- I.D., 2014. Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano, 2014. 106p.
- MANCUELLO SANDOVAL, A. 2011. Régimen agroclimático de las heladas para la Región Oriental de la República del Paraguay. Facultad de Ciencias Agrarias. UNA. 85p.
- MAYEREGGER, E; DELGADO, J. 1995. Heladas. Dirección de Investigación Agrícola. Publicaciones misceláneas N° 31. 13p.
- PASCALÉ A. J. y E. A. DAMARIO. 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. 550 pág.
- Reed, W. G. 1916. "The Probable Growing Season," Monthly Weather Review, vol. 44, KO. 9, Sept. 1916, pp. 509-612.
- SALINGER, M. J. and G. M. GRIFFITHS. 2001. Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes. *International journal of climatology*. 21: 1437-1452 (2001).
- SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE EL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA Y MEDIO RURAL DE LA FAO. 2000. FAO-Foresty. Disponible en línea:http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/paraguay/indexesp.stm
- SNYDER, L.R; MELO-ABREU, J.P. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, prácticas y economía. FAO. 257p
- STURZENEGGER. 2009. Primer programa de agua potable y saneamiento para comunidades rurales (PAYSR). Banco interamericano de desarrollo. 195p

- Thom, H. C. S. 1959. "The .Distributions of Freeze-Date and Freese-Free Period for Climatological Series With Freezeless Years," Monthly Weather Review, Vol. 87, No. 4, Apr. 1959, pp. 136-144
- Wilks, D. S. 2006. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Elsevier's Science & Technology Rights Department in Oxford, UK. 649 pp.
- X. ZHANG Y FENG YANG, J. SANTOS. RClimDex (1.0). Manual del Usuario.

9. ANEXO

Figuras del control de Calidad de datos Climáticos

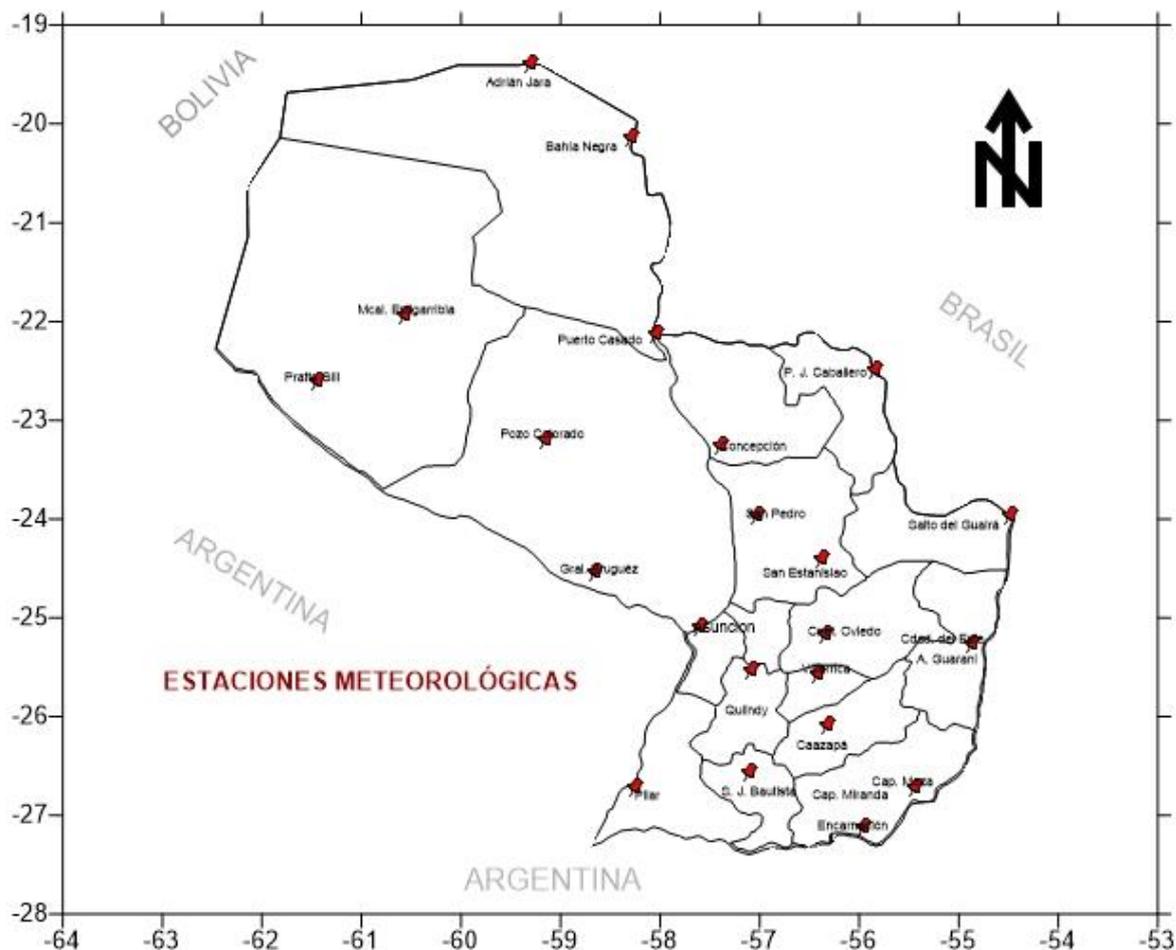


Figura 1: Red de estaciones convencionales activas que fueron utilizadas y pasaron por el control de calidad de los datos.

Resultados del Control de Calidad con Rclimdex_extraqc

ra00086218_tmaxmin: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
1970	6	10	37	<u>2.7</u> 20
1970	11	6	0	<u>18.5</u> <u>30.5</u>
1971	10	4	6.8	<u>0</u> <u>17</u>

Figura 2: Aquí se observa que para la estación de Asunción hubo datos de Tmin mayor a Tmax. Mediante Rclimdex_extraqc.

Resultados del Control de Calidad con Rclimdex_extraqc

(Continuación)

 ra00086221_tmaxmin: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

2007 7 9 7 12.2 12.2

Figura 3: Aquí se observa que para la estación de Villarrica en dicha fecha hubo valores con Tmin igual a Tmax. Mediante Rclimdex_extraqc.

 ra00086221_tn_flatline: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

1984 3 5 24 3
 1987 12 28 21 3
 1989 9 28 9 4
 1992 1 30 22 4
 1992 2 5 22 3
 1992 3 4 20 3
 2006 10 26 22 3
 2009 1 10 20 3

Figura 4: Repetición de datos en la estación de Villarrica. Mediante Rclimdex_extraqc.

 ra00086033_tn_jumps: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

2012 9 7 20.6
 2012 9 8 0

Figura 5: Salto en el dato de en días consecutivos para la estación de Bahía Negra. Mediante Rclimdex_extraqc.

Resultados del Control de Calidad con Rclimdex_extraqc

(Continuación)

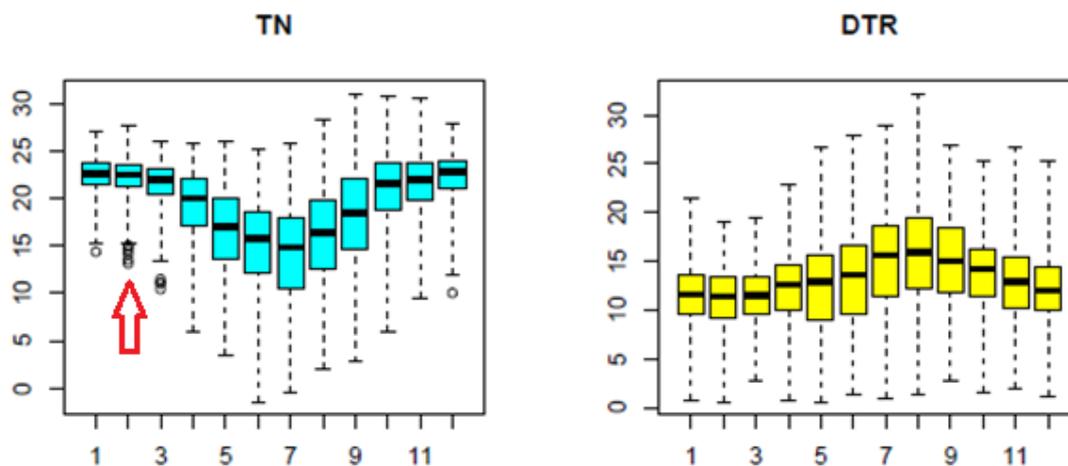


Figura 6: Mediante gráficos de box-plot mensuales se observan valores atípicos con pequeños círculos para la estación de Adrián Jara y la diferencia entre la Tmax y Tmin. Mediante Rclimdex_extraqc.

```

tn up
tn low
2009 1 5 0 31.6 14.4 17.2
1975 2 25 0.1 19.5 14.6 4.9
1993 2 10 0 33 15 18
2003 2 21 0 19 13 6
2003 2 22 0 27.4 13.5 13.9
2004 2 24 0 32 14.2 17.8
2004 2 25 0 33 15 18
1987 3 11 0 25.5 10.5 15
1987 3 12 0 27 11 16
1987 3 13 0 28.5 11 17.5
1987 3 14 0 30.6 11.5 19.1
2010 12 15 0 35.2 10 25.2
tr up
tr low
    
```

Figura 7: Archivo en txt de la ubicación de los valores atípicos para la estación de Adrián Jara. Mediante Rclimdex_extraqc.

Resultados del Control de Calidad con Rclimdex_extraqc

(Continuación)

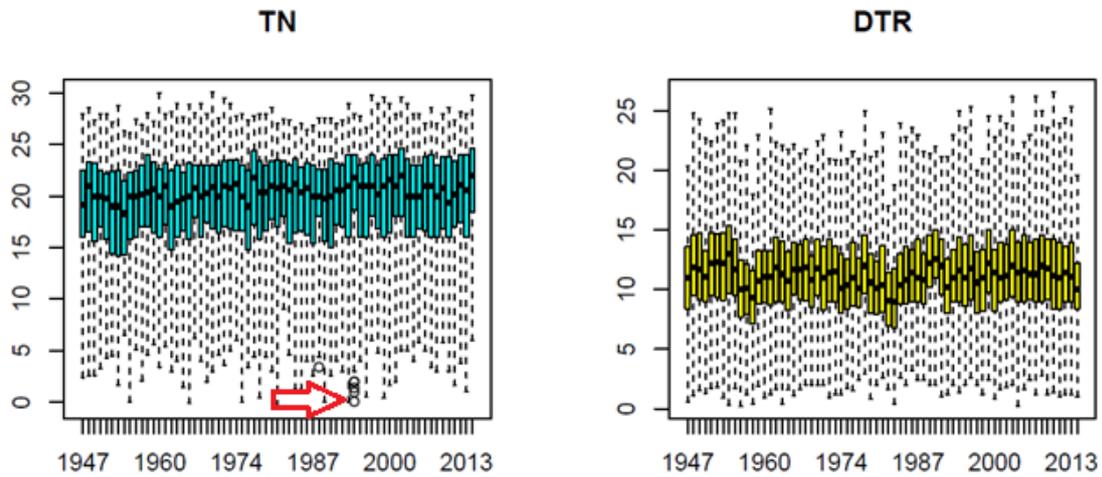


Figura 8: Mediante gráficos de box-plot anuales se observa valores atípicos con pequeños círculos para la estación Puerto Casado y la diferencia entre la Tmax y Tmin. Mediante Rclimdex_extraqc.

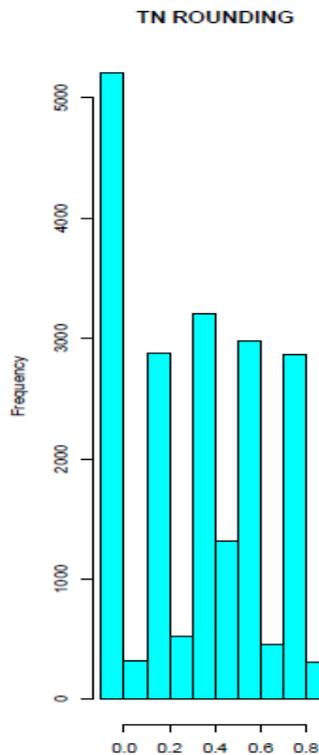


Figura 9: Mediante el gráfico de barras se observa con qué frecuencia se verificó datos con los decimales de 0 a 10 para la estación Asunción. Donde supera ampliamente el redondeo. Mediante Rclimdex_extraqc.

Resultados del Control de Calidad con Rclimdex_extraqc

(Continuación)

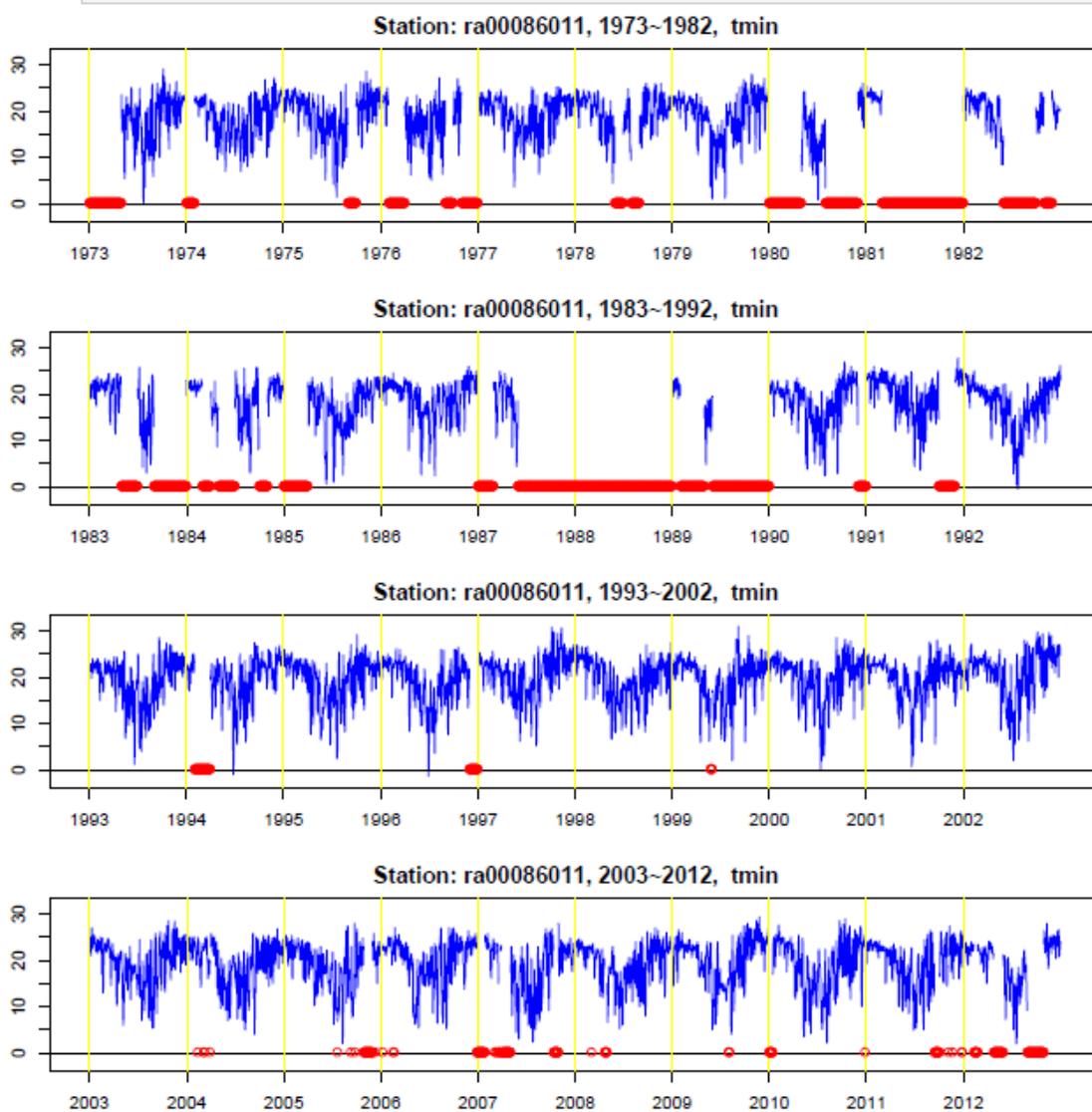


Figura 10: Serie completa de datos en azul y en rojo datos faltantes para la estación de Adrián Jara. Mediante Rclimdex_extraqc.

Resultados del Control de Calidad con AndesQc

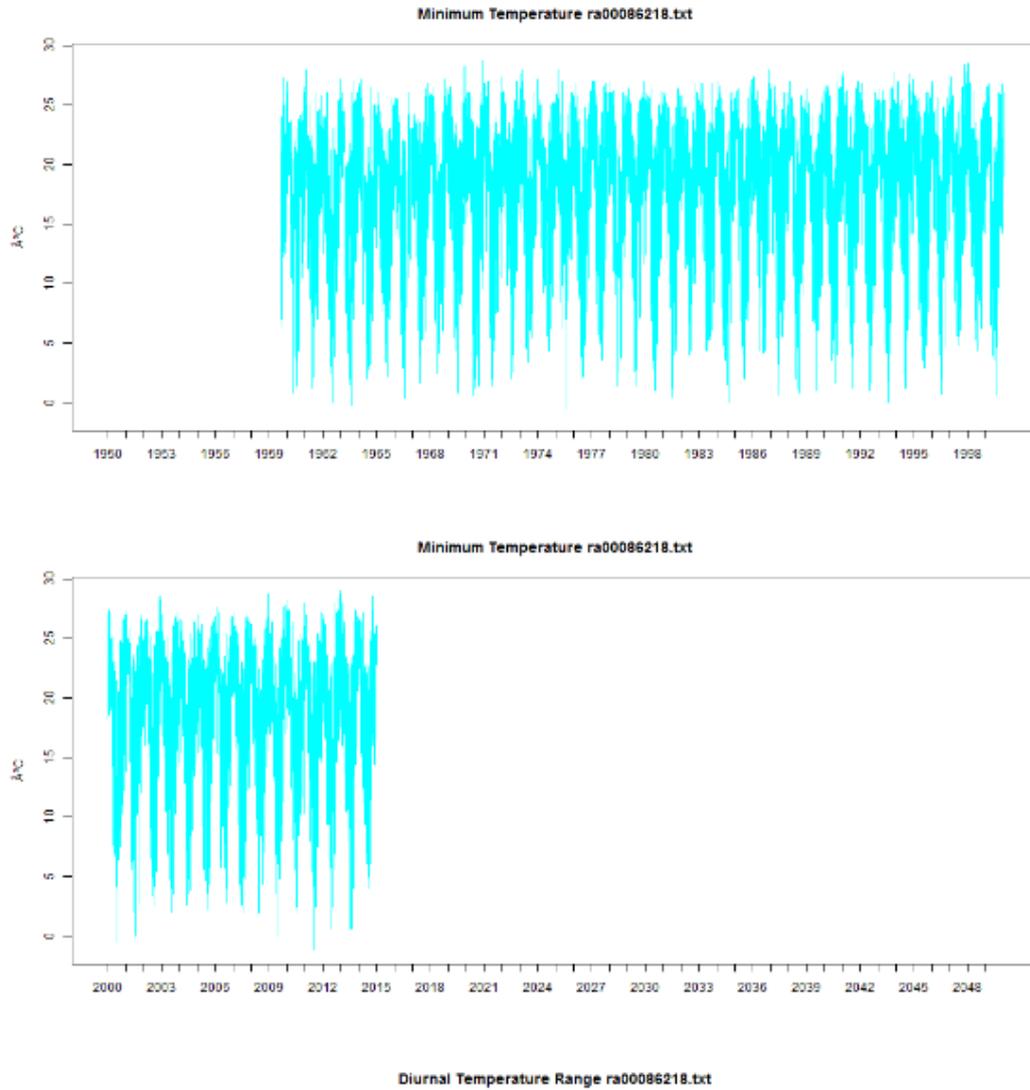


Figura 11: Serie completa de datos de la estación de Asunción. Mediante AndesQc.

Resultados del Control de Calidad con AndesQc

(Continuación)

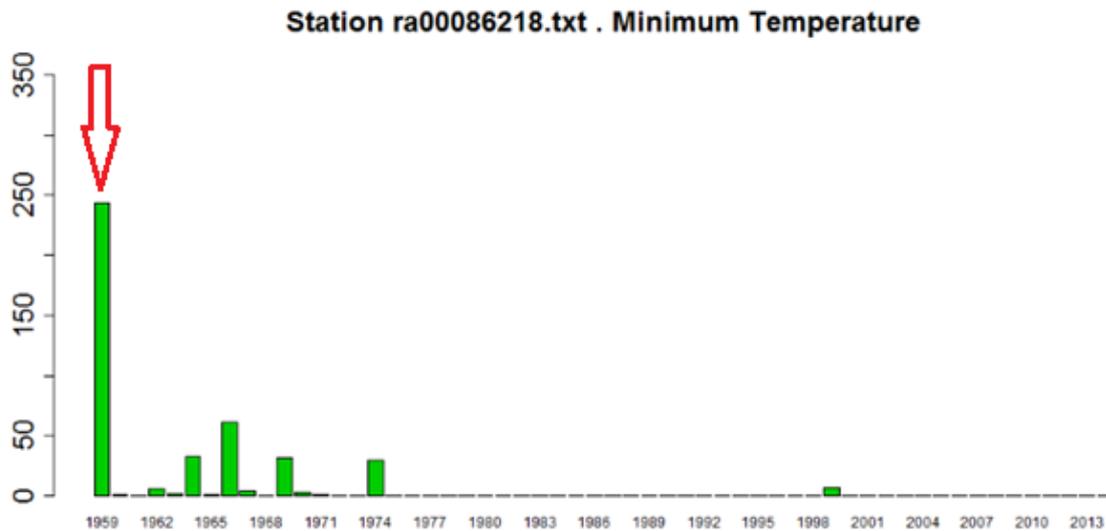


Figura 12: Datos faltantes para la estación de Asunción. Mediante AndesQc.

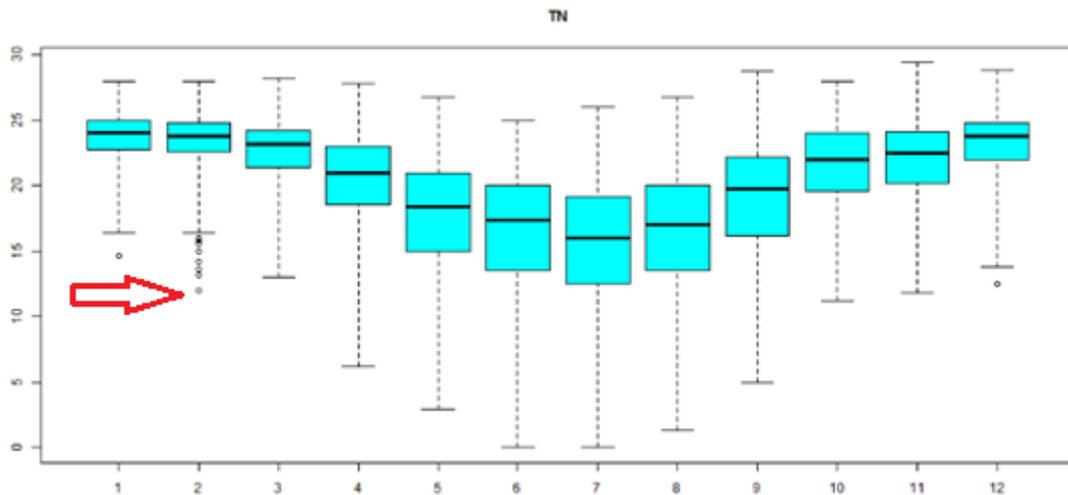


Figura 13: Gráficos de box-plot mensuales se observan valores atípicos con pequeños círculos para la estación de Bahía Negra. Mediante AndesQc.

Resultados del Control de Calidad con AndesQc

(Continuación)

station	year	month	day	pc	tx	tn	tNSE	rot
ra00086218.txt	1959	12	6	18	26.3	21.5		1
ra00086218.txt	1959	12	7	8.6	26.8	21.5		1
ra00086218.txt	1959	12	8	0	29	21.5		1

Figura 14: La planilla con datos de Asunción, denotada por el indicativo de estación, el año, mes, día, dato de precipitación, Tmax, Tmin y columna TNSE con valor 1, que representa una secuencia de valores de Tmin (tn) iguales.

station	year	month	day	pc	tx	tn	tNSE	rotn	uptn	lotn	sptn	r
ra00086218.txt	1959	12	6	18	26.3	21.5	1	0	0	0	0	1
ra00086218.txt	1959	12	7	8.6	26.8	21.5	1	0	0	0	0	1
ra00086218.txt	1959	12	8	0	29	21.5	1	0	0	0	0	1
ra00086218.txt	1959	12	9	0	30.6	17.3	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	10	0	28		0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	11	0	27.4	13.5	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	12	0	29.8	15.5	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	13	0	32.5	15.6	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	14	0	35.3	22.5	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	15	0	35.8	24.2	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	16	0	23.4	21.3	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	17	21	28.3	20.5	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	18	0	30.4		0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	19	0	33.8		0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	20	29	35.3		0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	21	0	30.5	21.6	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	22	0	33.5		0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	23	12.4		31	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	24	0	32.6	22.7	0	0	0	0	0	0
ra00086218.txt	1959	12	25	0	31.6	19.4	0	0	0	0	0	0

Figura 15: Serie de datos de Asunción, se observa el indicativo de la estación, el año, mes, día, dato de precipitación, Tmax, Tmin y tNSE (Secuencia de valores iguales, TN), rotn (Sospecha redondeo TN), uptn (Outlier pentadal TN, valor alto), lotn (Outlier pentadal TN, valor bajo) y sptn (Outlier espacial, TN), donde, 0 (cero) test aprobado o 1 (uno) test fallado, lo cual implica un dato erróneo o dudoso.

Metadatos de las estaciones que proveyeron los datos de Tmin

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	CÓDIGO	AÑO INICIAL	AÑO FINAL
Adrián Jara	Alto Paraguay	-59,36	-19,47	86011	1973	2011
Bahía Negra	Alto Paraguay	-58,35	-20,23	86033	1956	2013
Pratt's Gill	Boquerón	-61,5	-22,7	86065	1972	2013
Mcal. Estigarribia	Boquerón	-60,61	-22,03	86068	1950	2014
Puerto Casado	Alto Paraguay	-58,09	-22,21	86086	1947	2014
Pedro Juan Caballero	Amambay	-55,90	-22,58	86097	1959	2014
Pozo Colorado	Presidente Hayes	-59,20	-23,28	86128	1995	2014
Concepción	Concepción	-57,45	-23,35	86134	1959	2014
Gral. Bruguéz	Presidente Hayes	-58,71	-24,63	86170	1992	2014
San Pedro	San Pedro	-57,08	-24,06	86185	1994	2014
San Estanislao	San Pedro	-56,43	-24,5	86192	1977	2014
Salto del Guairá	Canindeyú	-54,53	-24,05	86210	1977	2014
Asunción Apto.	Central	-57,66	-25,18	86218	1960	2014
Paraguarí	Paraguarí	-57,14	-25,62	86221	1981	2014
Villarrica	Guairá	-56,46	-25,65	86233	1950	2014
Cnel. Oviedo	Caaguazú	-56,4	-25,25	86234	1991	2014
Aeropuerto Guaraní	Alto Paraná	-54,92	-25,35	86246	1997	2014
Pilar	Ñeembucú	-58,31	-26,8	86255	1958	2014
San Juan Bautista	Misiones	-57,15	-26,66	86260	1956	2014
Caazapá	Caazapá	-56,37	-26,18	86268	1980	2014
Cap. Meza	Itapúa	-55,5	-26,8	86285	1980	2014
Encarnación	Misiones	-56	-27,2	86297	1951	2014

Tabla 1: Metadato de las estaciones utilizadas en la región de Paraguay, contiene las referencias de cada estación como longitud, latitud y los años de datos de cada estación.

Fechas de primeras heladas y fechas de últimas heladas

Estación	Heladas Meteorológicas (0 °C)					Heladas Agrometeorológicas (3°C)				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Adrián Jara	18-Jun	s/h	-	-2	0	9-Jun	20-Jul	43	1	1
Bahía Negra	10-Jun	s/h	-	0	0	24-May	26-Jul	65	-1	0
Pratt's Gill	5-Jun	12-Ago	69	-4	5	23-May	27-Ago	95	-4	11
Mcal. Estigarribia	16-Jun	21-Jul	36	-2	1	11-Jun	2-Ago	52	0	4
Puerto Casado	5-Jun	15-Jul	11	0	0	6-Jun	22-Jul	47	1	0
Pedro Juan Caballero	28-May	11-Jul	44	-2	0	8-Jun	31-Jul	54	1	2
Pozo Colorado	15-Jun	s/h	-	-3	0	3-Jun	8-Ago	67	0	4
Concepción	29-May	s/h	-	-2	0	10-Jun	31-Jul	52	1	1
Gral. Bruguéz	21-Jun	4-Ago	45	-2	3	8-Jun	25-Ago	79	-1	10
San Pedro	14-Jun	19-Jul	36	-1	0	20-Jun	8-Ago	50	0	2
San Estanislao	6-Jun	27-Jul	52	-2	2	4-Jun	13-Ago	72	0	7
Salto del Guairá	13-Jun	19-Jul	37	-2	0	3-Jun	7-Ago	66	0	4
Asunción Apto.	s/h	19-Jul	-	-1	0	12-Jun	28-Jul	48	1	3
Paraguarí	31-May	21-Jul	52	-1	0	6-Jun	4-Ago	60	0	5
Villarrica	16-Jun	21-Jul	36	-2	0	16-Jun	21-Jul	52	0	3
Cnel. Oviedo	21-Jun	19-Jul	29	-1	0	12-Jun	9-Ago	59	0	5
Apto. Guaraní	s/h	17-Jul	-	-1	0	15-Jun	12-Ago	59	1	4
Pilar	30-May	s/h	-	-2	0	14-Jun	30-Jul	46	0	4
San Juan Bautista	11-Jun	s/h	-	-1	0	7-Jun	2-Ago	57	1	4
Caazapá	11-Jun	20-Jul	40	-1	0	6-Jun	14-Ago	71	0	6
Cap. Meza	10-Jun	17-Jul	38	-2	0	11-Jun	18-Ago	69	0	8
Encarnación	7-Jun	6-Ago	61	-2	4	25-Jun	28-Ago	95	-2	15

Tabla 2: Valores correspondientes al 50% de probabilidad de fecha de primera helada (FPH), fecha de última helada (FUH), periodo de heladas (PER), temperatura mínima absoluta (TabS), frecuencia de heladas (FH) para las heladas meteorológicas y agrometeorológicas.

Información agroclimática de heladas meteorológica

a) Información agroclimática de heladas meteorológica para Pratt´s Gill

PRATT'S GILL	periodo analizado: 1972 - 2013				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	5-Jun	12-Ago	69	-3,5	5
Desvío estándar	14	16	27	1,8	3
Valores de Probabilidad (%) 20	27-May	24-Ago	90	-5,0	2
Extremos	17-May	13-Sept	94	-7,5	14
Años de Ocurrencia de los extremos	1997	2000	1999	1996	2001
Nro. de años utilizados	32	32	25	36	36
Nro. de años sin heladas	11	3	18	3	3

b) Información agroclimática de heladas meteorológica para Gral. Bruguéz

Gral. Bruguéz	periodo analizado: 1992 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	21-Jun	4-Ago	45	-2,3	3
Desvío estándar	13	22	26	1,6	2
Valores de Probabilidad (%) 20	13-Jun	15-Ago	64	-3,5	2
Extremos	8-Jun	17-Sept	90	-6,0	8
Años de Ocurrencia de los extremos	2012	2001	2001	1993	2001
Nro. de años utilizados	23	23	23	19	19
Nro. de años sin heladas	11	8	0	4	4

c) Información agroclimática de heladas meteorológica para San Estanislao

San Estanislao	periodo analizado: 1975 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	6-Jun	27-Jul	52	-1,8	2
Desvío estándar	20	16	24	1,1	2
Valores de Probabilidad (%) 20	26-May	2-Ago	70	-2,5	0
Extremos	4-May	6-Sept	90	-3,0	7
Años de Ocurrencia de los extremos	1980	2006	1980	1975	1980
Nro. de años utilizados	32	32	31	33	33
Nro. de años sin heladas	19	19	9	14	14

Tabla 3: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Pratt´s Gill, b) Gral. Bruguéz y c) San Estanislao.

Información agroclimática de heladas meteorológica**(Continuación)**

a) Información agroclimática de heladas meteorológica para Villarrica

Villarrica	periodo analizado: 1950 - 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	16-Jun	21-Jul	36	-2,3	0
Desvío estándar	12	10	13	1,2	2
Valores de Probabilidad (%) 20	10-Jun	15-Jul	37	-3,0	-1
Extremos	7-Jun	27-Ago	44	-4,5	7
Años de Ocurrencia de los extremos	1951	2013	2013	1955	2013
Nro. de años utilizados	63	60	60	61	61
Nro. de años sin heladas	45	39	28	29	29

b) Información agroclimática de heladas meteorológica para Cap. Meza

Cap. Meza	periodo analizado: 1975 - 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	10-Jun	17-Jul	38	-1,7	0
Desvío estándar	15	12	17	0,9	2
Valores de Probabilidad (%) 20	2-Jun	21-Jul	50	-2,3	-1
Extremos	30-May	27-Ago	66	-3,0	6
Años de Ocurrencia de los extremos	2007	2013	1999	1999	2000
Nro. de años utilizados	39	40	39	39	40
Nro. de años sin heladas	25	28	20	19	19

c) Información agroclimática de heladas meteorológica para Encarnación

Encarnación	periodo analizado: 1995 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	7-Jun	6-Ago	61	-2,2	4
Desvío estándar	17	15	28	1,3	3
Valores de Probabilidad (%) 20	26-May	14-Ago	80	-1,3	6
Extremos	10-May	19-Sept	112	-4,5	15
Años de Ocurrencia de los extremos	1956	1979	1979	2009	1988
Nro. de años utilizados	62	62	62	62	62
Nro. de años sin heladas	20	24	2	9	9

Tabla 4: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Villarrica b) Cap. Meza y c) Encarnación.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica

a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Pratt's Gill

PRATT'S GILL	periodo analizado: 1972 - 2013				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	23-May	27-Ago	95	-3,5	11
Desvío estándar	21	15	26	1,8	6
Valores de Probabilidad (%) 20	6-May	7-Sept	125	-5,0	7
Extremos	12-Abr	21-Sept	148	-7,5	24
Años de Ocurrencia de los extremos	1995	1991	1999	1996	2001
Nro. de años utilizados	32	32	25	36	36
Nro. de años sin heladas	1	0	18	3	3

b) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Mcal. E.

Mcal. Estigarribia	periodo analizado: 1950 - 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	11-Jun	2-Ago	52	-0,4	4
Desvío estándar	17	17	24	1,8	3
Valores de Probabilidad (%) 20	30-May	11-Ago	74	0,9	2
Extremos	17-May	26-Sept	94	-4,5	14
Años de Ocurrencia de los extremos	1968	1950	2004	1955	1990
Nro. de años utilizados	63	60	60	63	63
Nro. de años sin heladas	12	16	5	5	27

c) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para P. J. Caballero

P. Juan Caballero	periodo analizado: 1959 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	8-Jun	31-Jul	54	0,7	2
Desvío estándar	19	20	25	1,4	2
Valores de Probabilidad (%) 20	31-May	9-Ago	71	-0,3	0
Extremos	17-May	25-Sept	86	-1,8	9
Años de Ocurrencia de los extremos	2001	2013	1990	1999	1992
Nro. de años utilizados	52	53	36	52	53
Nro. de años sin heladas	22	23	6	10	10

Tabla 5: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Pratt's Gill b) Mcal. Estigarribia y c) Pedro Juan Caballero.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica (Continuación)

a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Pozo Colorado

Pozo Colorado	periodo analizado: 1995 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	3-Jun	8-Ago	67	-0,1	4
Desvío estándar	20	18	26	1,6	4
Valores de Probabilidad (%) 20	22-May	17-Ago	88	-1,3	1
Extremos	8-May	11-Sept	88	-3,4	11
Años de Ocurrencia de los extremos	2003	1996	2007	2001	2000
Nro. de años utilizados	20	19	20	20	20
Nro. de años sin heladas	10	6	0	4	4

b) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Concepción

Concepción	periodo analizado: 1959 - 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	10-Jun	31-Jul	52	0,6	1
Desvío estándar	15	16	24	1,4	5
Valores de Probabilidad (%) 20	1-Jun	8-Ago	68	-0,4	-2
Extremos	21-May	16-Sept	91	-2,8	33
Años de Ocurrencia de los extremos	1960	1981	1981	1993	1991
Nro. de años utilizados	55	56	56	55	56
Nro. de años sin heladas	27	24	0	14	15

c) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Gral. Bruguéz

Gral. Bruguéz	periodo analizado: 1992 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	8-Jun	25-Ago	79	-1,4	10
Desvío estándar	20	18	34	1,9	4
Valores de Probabilidad (%) 20	25-May	7-Sept	107	-3,0	7
Extremos	8-May	27-Sept	128	-6,0	19
Años de Ocurrencia de los extremos	2003	2012	2003	1993	2003
Nro. de años utilizados	23	23	23	23	23
Nro. de años sin heladas	5	2	0	0	4

Tabla 6: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Pozo Colorado, b) Concepción y c) Gral. Bruguéz.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica**(Continuación)**

a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para San Pedro

San Pedro		periodo analizado: 1994 2014				
		FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios		20-Jun	8-Ago	50	0,4	2
Desvío estándar		14	23	30	1,2	2
Valores de Probabilidad (%)	20	11-Jun	21-Ago	71	-0,4	1
Extremos		4-Jun	27-Sept	112	-1,6	9
Años de Ocurrencia de los extremos		2007	2012	2012	2000	2000
Nro. de años utilizados		20	20	20	21	19
Nro. de años sin heladas		7	6	1	3	4

b) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para San Estanislao

San Estanislao		periodo analizado: 1975 2014				
		FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios		4-Jun	13-Ago	72	-0,4	7
Desvío estándar		20	21	36	1,5	4
Valores de Probabilidad (%)	20	21-May	26-Ago	98	-1,6	4
Extremos		4-May	21-Sept	137	-3,0	17
Años de Ocurrencia de los extremos		1980	1995	1980	1975	1978
Nro. de años utilizados		32	32	31	33	33
Nro. de años sin heladas		9	7	9	2	14

c) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Salto del Guairá

Salto del Guairá		periodo analizado: 1976 - 2014				
		FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios		3-Jun	7-Ago	66	0,2	4
Desvío estándar		17	19	33	1,5	4
Valores de Probabilidad (%)	20	22-May	17-Ago	88	1,3	1
Extremos		5-May	18-Sept	137	-2,8	15
Años de Ocurrencia de los extremos		1980	1980	1980	2000	2000
Nro. de años utilizados		33	34	33	33	34
Nro. de años sin heladas		12	11	6	4	4

Tabla 7: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) San Pedro, b) San Estanislao y c) Salto del Guairá.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica**(Continuación)**

a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Apto. Asunción

Apto. Asunción	periodo analizado: 1992 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	12-Jun	28-Jul	48	0,9	3
Desvío estándar	17	19	25	1,0	2
Valores de Probabilidad (%) 20	1-Jun	6-Ago	67	1,5	1
Extremos	17-May	20-Sept	107	-1,2	10
Años de Ocurrencia de los extremos	1968	1970	1970	2011	1988
Nro. de años utilizados	53	52	55	55	55
Nro. de años sin heladas	19	23	13	9	9

b) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Paraguari

Paraguari	periodo analizado: 1981 - 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	6-Jun	4-Ago	60	0,3	5
Desvío estándar	19	15	29	1,2	3
Valores de Probabilidad (%) 20	23-May	12-Ago	81	1,2	2
Extremos	14-May	6-Sept	106	-2,0	12
Años de Ocurrencia de los extremos	1984	2006	1984	1988	1988
Nro. de años utilizados	20	20	18	22	22
Nro. de años sin heladas	5	7	2	2	2

c) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Villarrica

Villarrica	periodo analizado: 1950 - 2014				
	FPH	FUH	PER	TabS	FH
Valores medios	16-Jun	21-Jul	52	-0,3	3
Desvío estándar	17	17	24	1,8	3
Valores de Probabilidad (%) 20	10-Jun	15-Jul	53	-1,8	1
Extremos	7-Jun	27-Ago	94	-4,5	14
Años de Ocurrencia de los extremos	1951	2013	2013	1955	2013
Nro. de años utilizados	63	60	60	61	87
Nro. de años sin heladas	12	16	2	3	29

Tabla 8: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Apto. Asunción, b) Paraguari y c) Villarrica.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica (Continuación)

a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Cnel. Oviedo

Cnel. Oviedo	periodo analizado: 1991 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	12-Jun	9-Ago	59	-0,4	5
Desvío estándar	18	17	29	0,8	3
Valores de Probabilidad (%) 20	30-May	20-Ago	83	0,2	3
Extremos	20-May	11-Sept	107	-2,4	12
Años de Ocurrencia de los extremos	1999	2003	2006	1993	2000
Nro. de años utilizados	24	22	22	24	23
Nro. de años sin heladas	4	5	2	2	2

b) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Apto. Guaraní

Apto. Guaraní	periodo analizado: 1997 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	15-Jun	12-Ago	59	0,9	4
Desvío estándar	16	17	32	1,1	3
Valores de Probabilidad (%) 20	3-Jun	23-Ago	82	-0,1	2
Extremos	30-May	11-Sept	101	-1,2	11
Años de Ocurrencia de los extremos	2007	2003	2008	2000	2000
Nro. de años utilizados	17	18	17	17	18
Nro. de años sin heladas	4	3	1	1	2

c) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Pilar

Pilar	periodo analizado: 1958 - 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	14-Jun	30-Jul	46	-0,4	4
Desvío estándar	14	19	59	1,3	4
Valores de Probabilidad (%) 20	6-Jun	6-Ago	62	-1,3	1
Extremos	30-May	17-Sept	108	-2,2	15
Años de Ocurrencia de los extremos	2008	2001	2008	2000	2000
Nro. de años utilizados	56	56	56	56	56
Nro. de años sin heladas	29	32	18	18	18

Tabla 9: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Apto. Asunción, b) Paraguari y c) Villarrica.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica (Continuación)

a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para S. J. Bautista

San Juan Bautista		periodo analizado: 1956 - 2014				
		FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios		7-Jun	2-Ago	57	1,0	4
Desvío estándar		18	16	25	1,2	3
Valores de Probabilidad (%)	20	25-May	10-Ago	78	1,8	1
Extremos		9-May	21-Sept	97	-2,0	15
Años de Ocurrencia de los extremos		1956	1998	1958	1988	1988
Nro. de años utilizados		58	58	57	59	59
Nro. de años sin heladas		19	19	6	6	6

b) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Caazapá

Caazapá		periodo analizado: 1974 - 2013				
		FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios		6-Jun	14-Ago	71	0,4	6
Desvío estándar		20	19	34	1,1	5
Valores de Probabilidad (%)	20	23-May	25-Ago	96	-0,5	2
Extremos		1-May	20-Sept	120	-2,0	21
Años de Ocurrencia de los extremos		1984	1982	1989	2009	1987
Nro. de años utilizados		37	38	37	38	38
Nro. de años sin heladas		9	9	3	4	4

c) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Cap. Meza

Cap. Meza		periodo analizado: 1975 - 2014				
		FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios		11-Jun	18-Ago	69	-0,1	8
Desvío estándar		17	22	33	1,5	4
Valores de Probabilidad (%)	20	28-May	1-Sept	98	-1,3	4
Extremos		17-May	4-Oct	138	-3,0	17
Años de Ocurrencia de los extremos		1977	1999	1999	1999	2000
Nro. de años utilizados		39	40	39	39	40
Nro. de años sin heladas		3	5	1	1	1

Tabla 10: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) San Juan Bautista, b) Caazapá y c) Cap. Meza.

Información agroclimática de heladas agrometeorológica**(Continuación)**

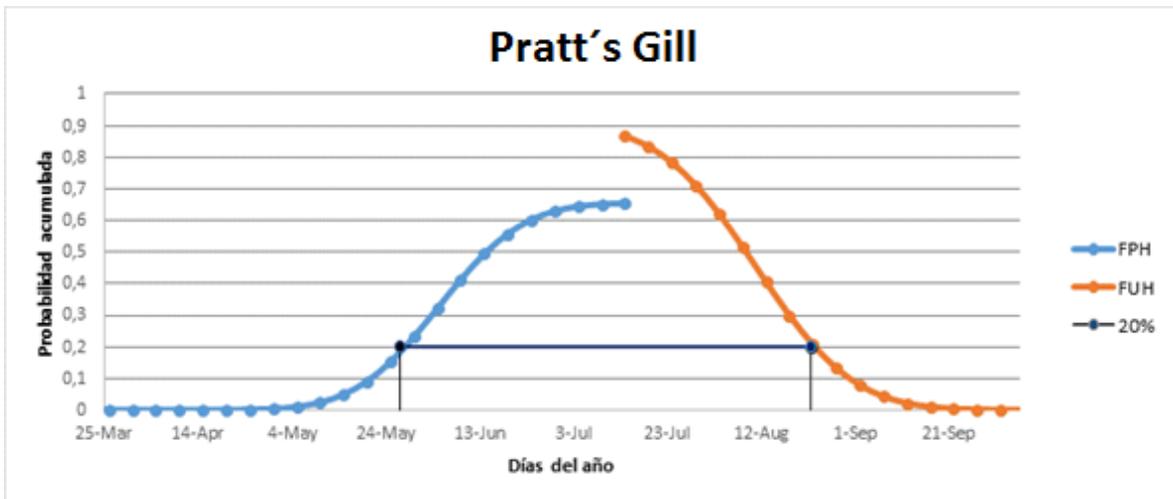
a) Información agroclimática de heladas agrometeorológicas para Encarnación

Encarnación	periodo analizado: 1951 - 2014				
	FPH	FUH	PER	Tab	FH
Valores medios	25-Jun	28-Ago	95	-1,5	15
Desvío estándar	20	19	32	1,6	6
Valores de Probabilidad (%) 20	27-May	11-Sept	126	-0,2	20
Extremos	16-Abr	18-Oct	174	-4,5	27
Años de Ocurrencia de los extremos	1980	1969	1971	2009	1984
Nro. de años utilizados	62	62	62	62	62
Nro. de años sin heladas	2	4	2	0	0

Tabla 11: Información agroclimática de heladas meteorológicas donde se exponen los resultados medios, desvío estándar, valores de probabilidad, T_{min} extremos con sus años, nro. de años utilizados y el nro. de años sin heladas para a) Encarnación.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas meteorológicas

(a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Pratt's Gill



(b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Gral. Bruguez

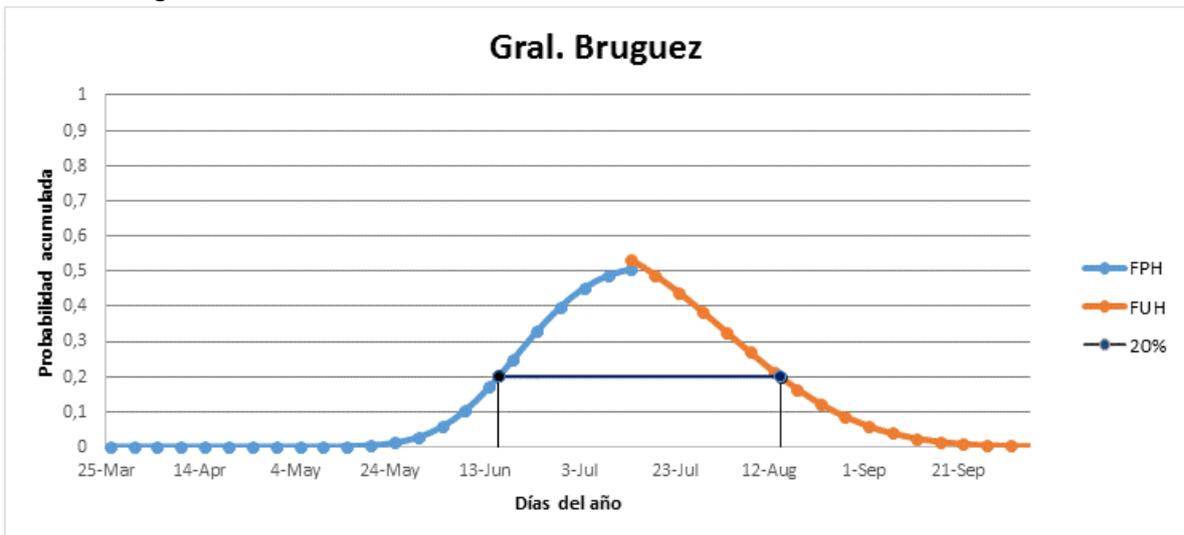
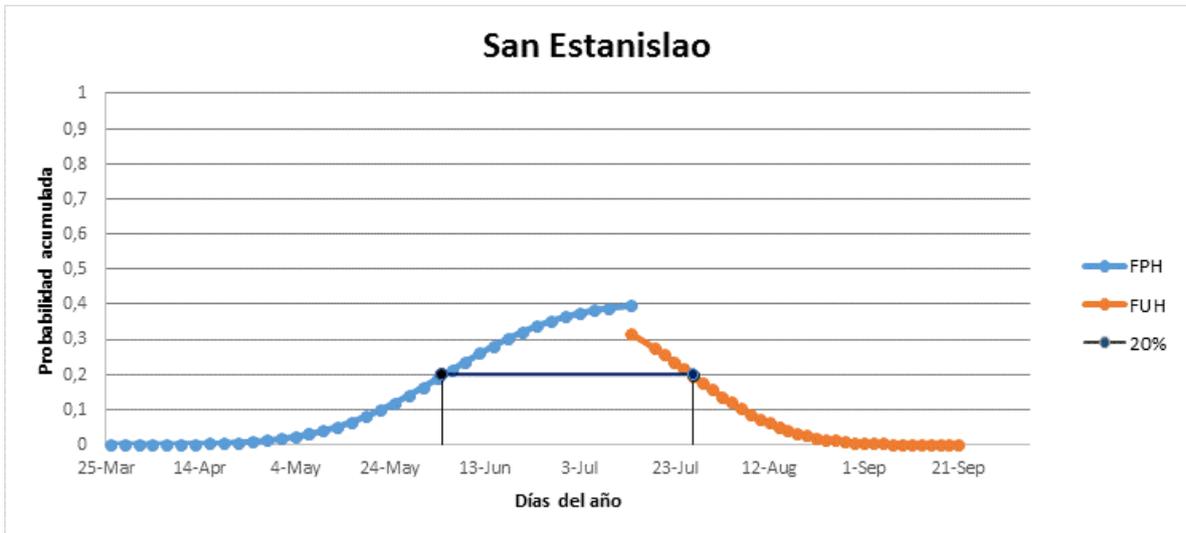


Figura 16: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas meteorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para; a) Pratts Gill y b) General Bruguez. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas meteorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación San Estanislao



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Villarrica

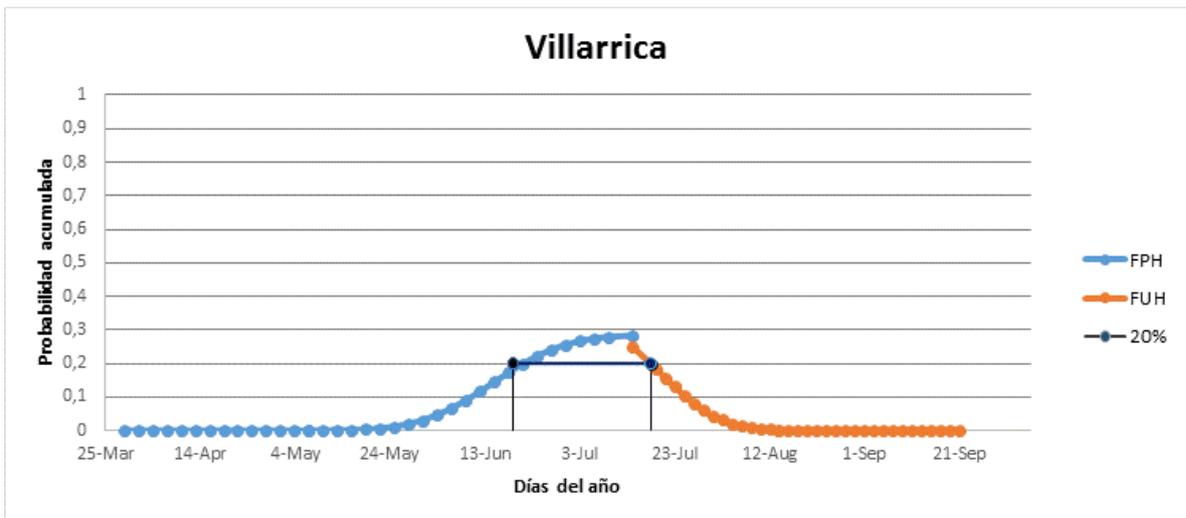
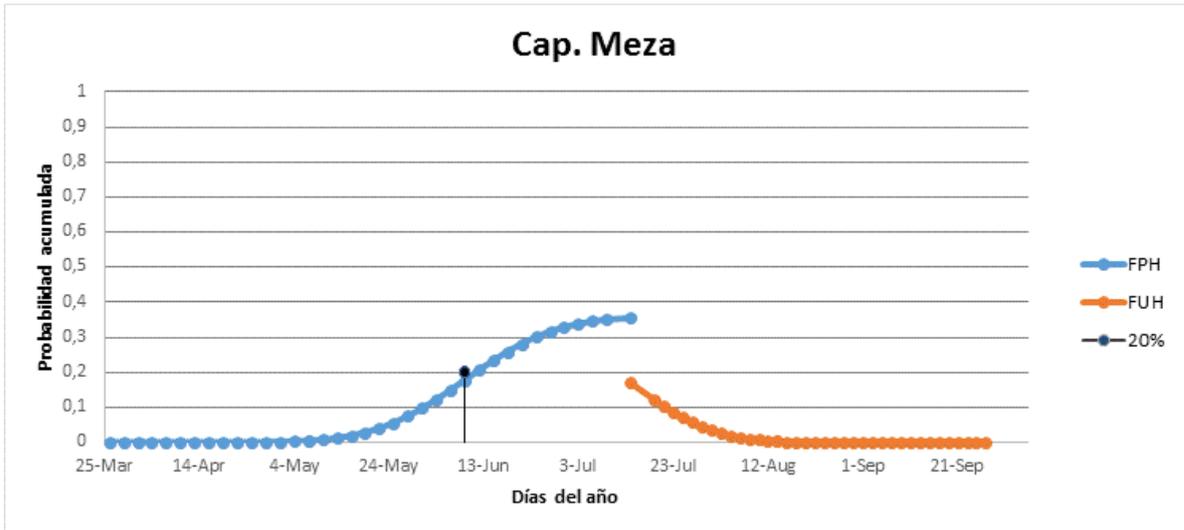


Figura 17: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas meteorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) San Estanislao y b) Villarrica. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas meteorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Cap. Meza



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Encarnación

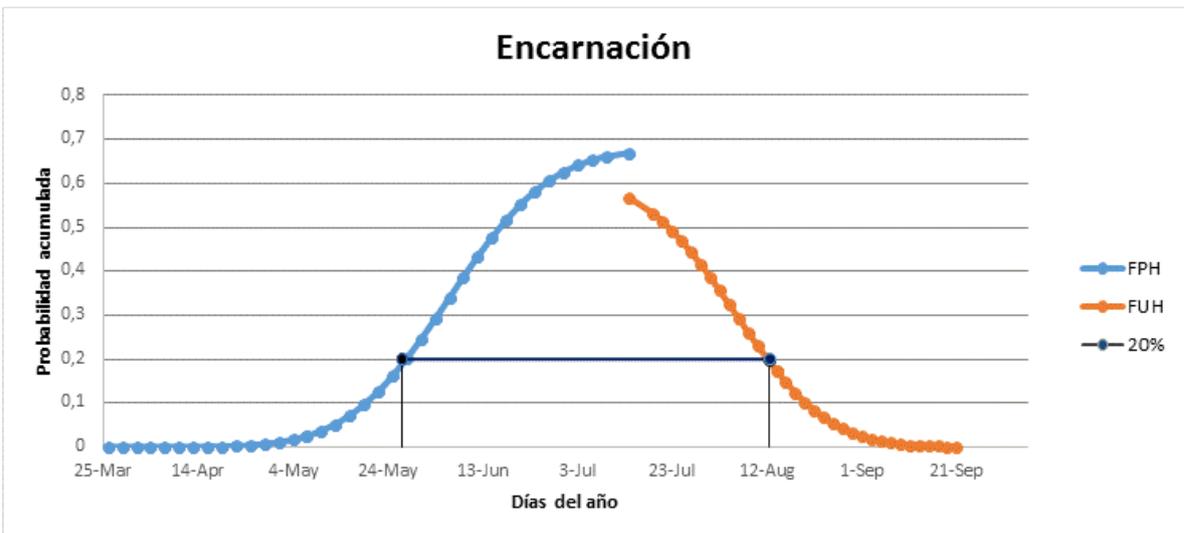
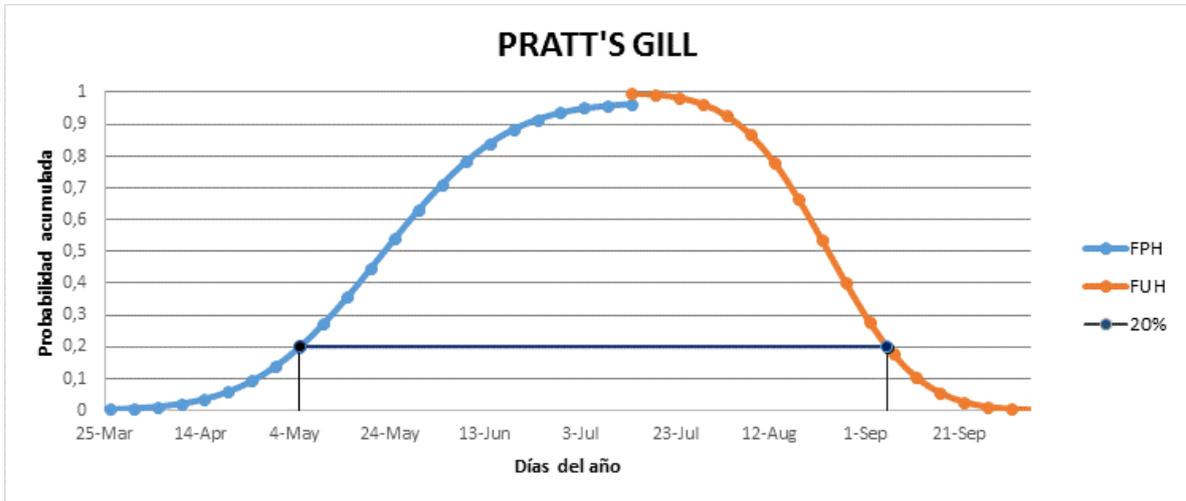


Figura 18: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas meteorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Cap. Meza y b) Encarnación. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Pratt´s Gill



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Mcal. Estigarribia

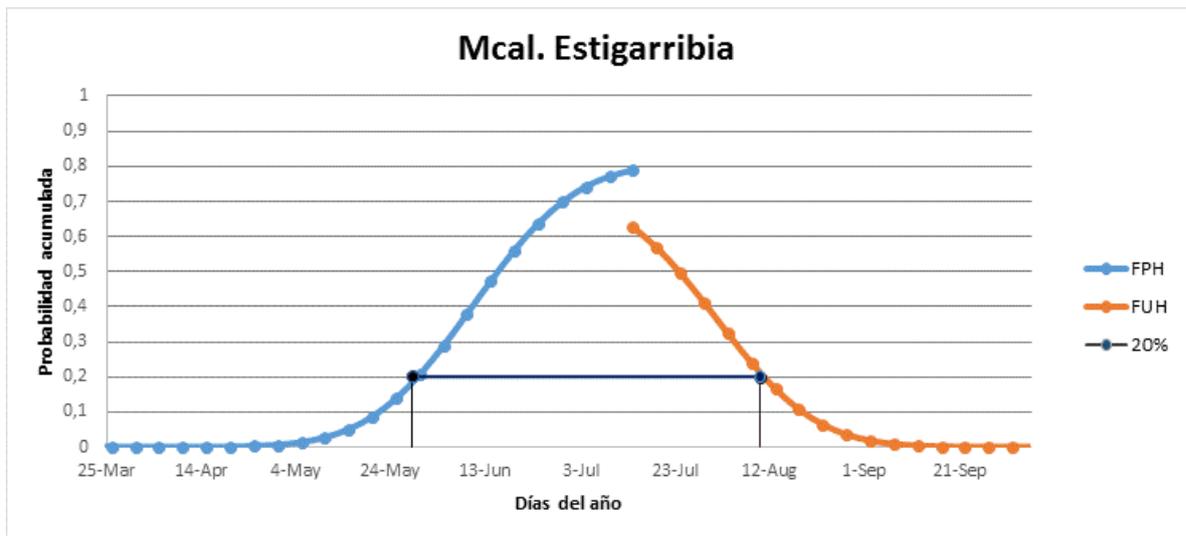
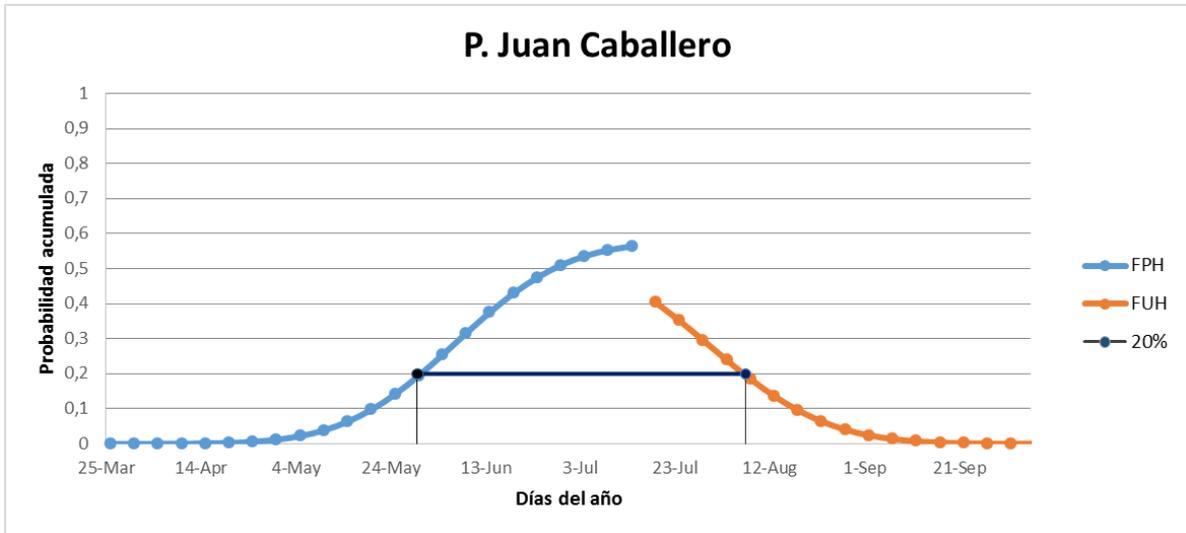


Figura 19: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Pratt´s Gill y b) Mcal. Estigarribia. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Pedro Juan Caballero



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Pozo Colorado

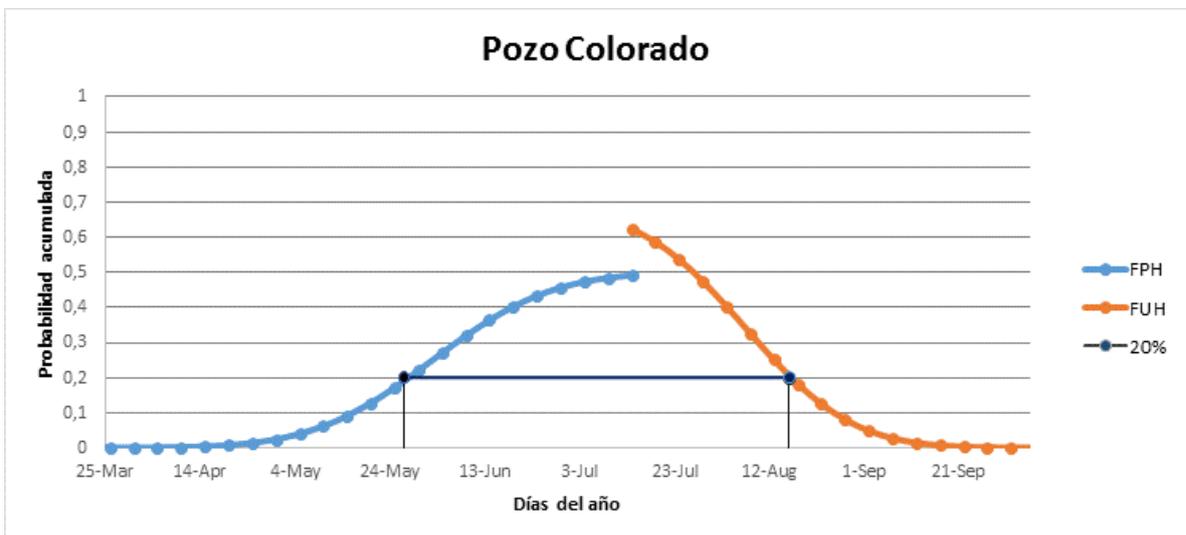
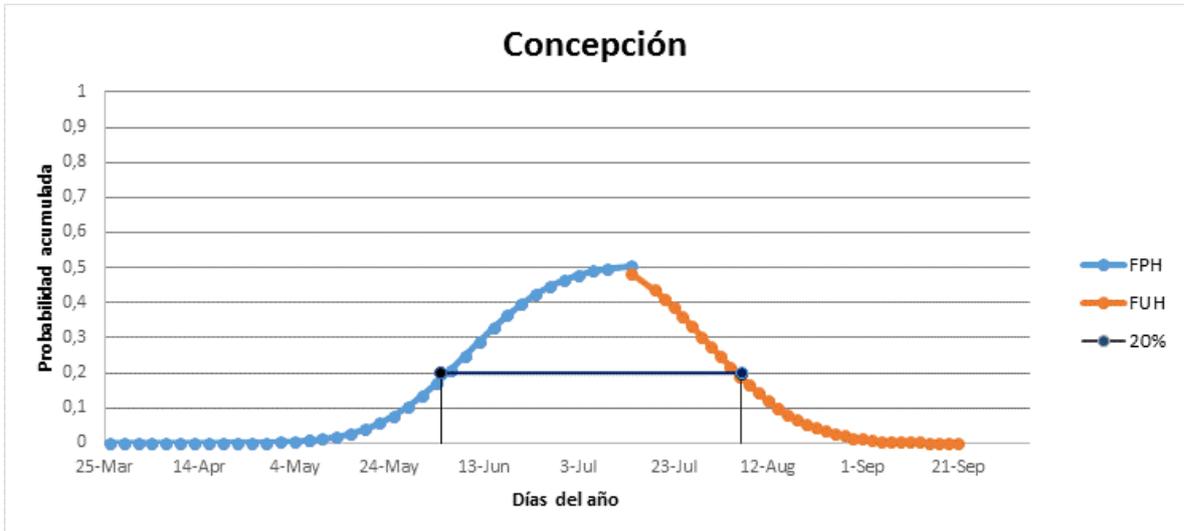


Figura 20: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Pedro Juna Caballero y b) Pozo Colorado. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Concepción



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Gral. Bruguéz

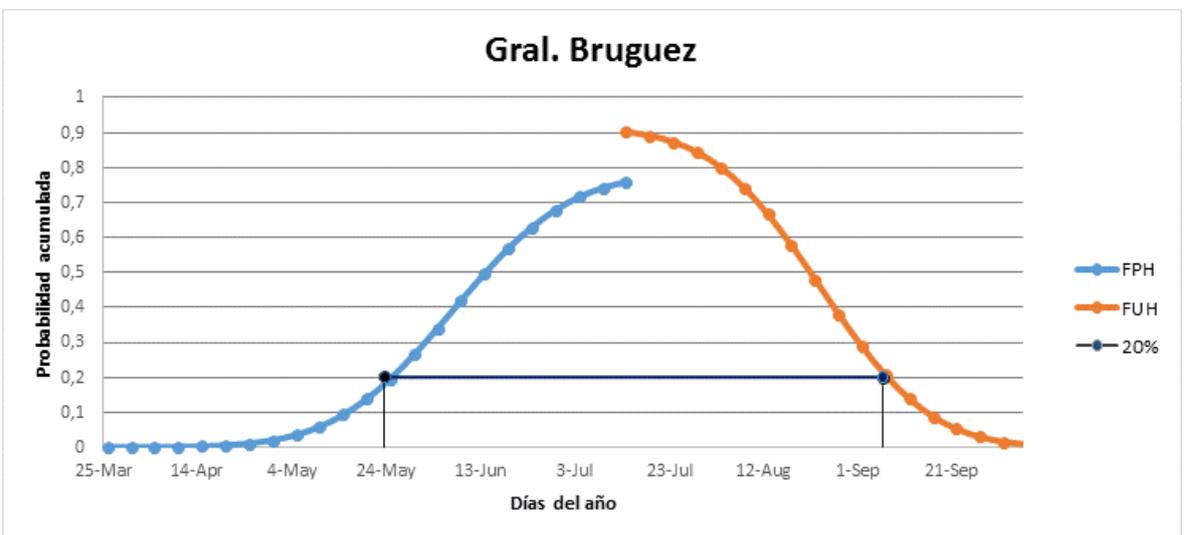
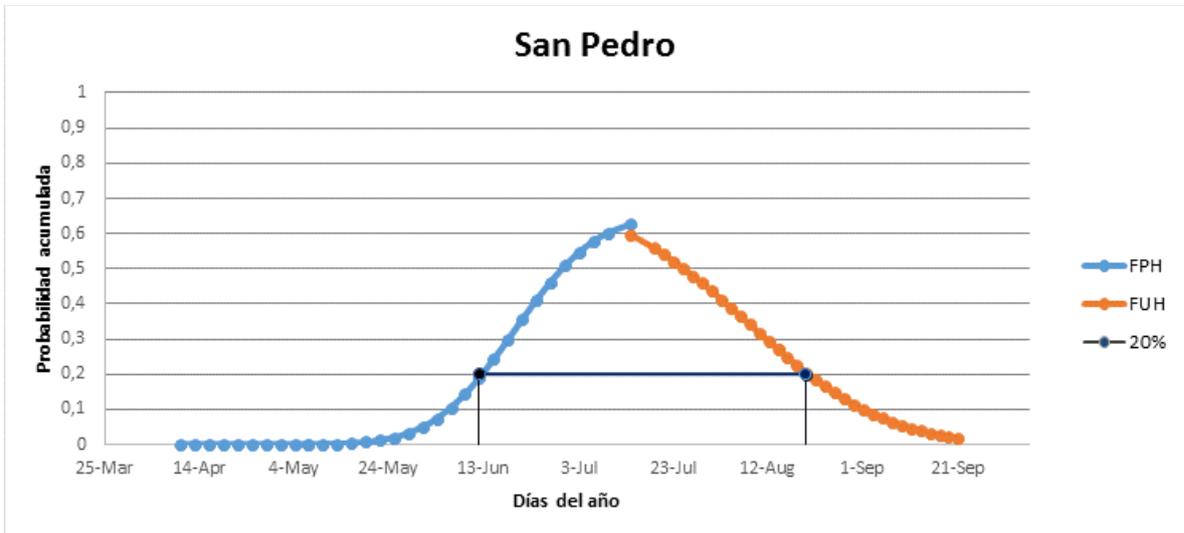


Figura 21: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Concepción y b) Gral. Bruguéz. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación San Pedro



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación San Estanislao

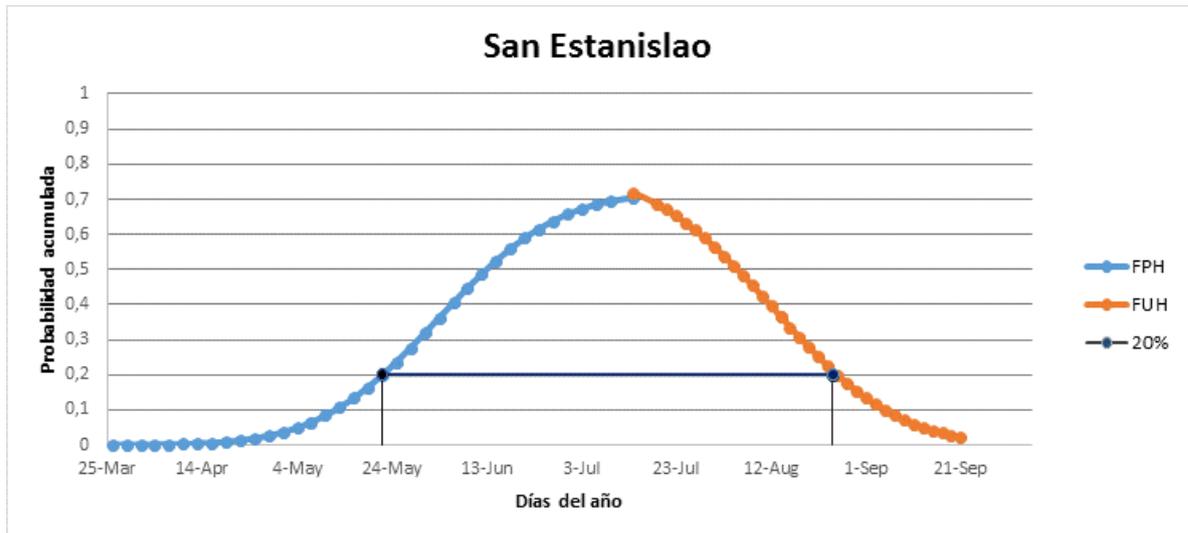


Figura 22: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) San Pedro y b) San Estanislao. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

- a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Salto del Guairá



- b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Apto. Asunción

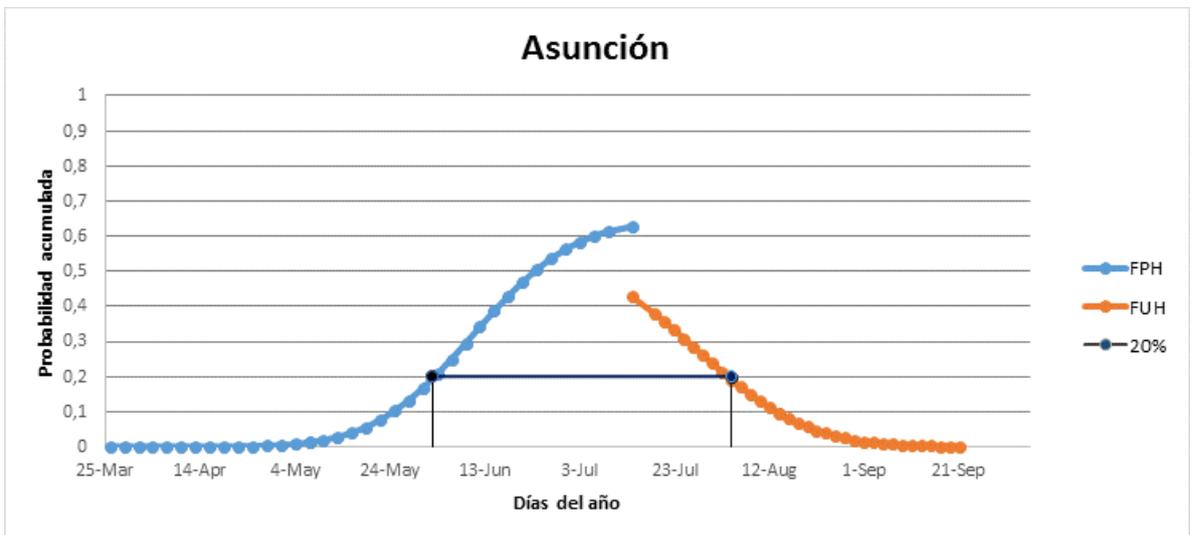
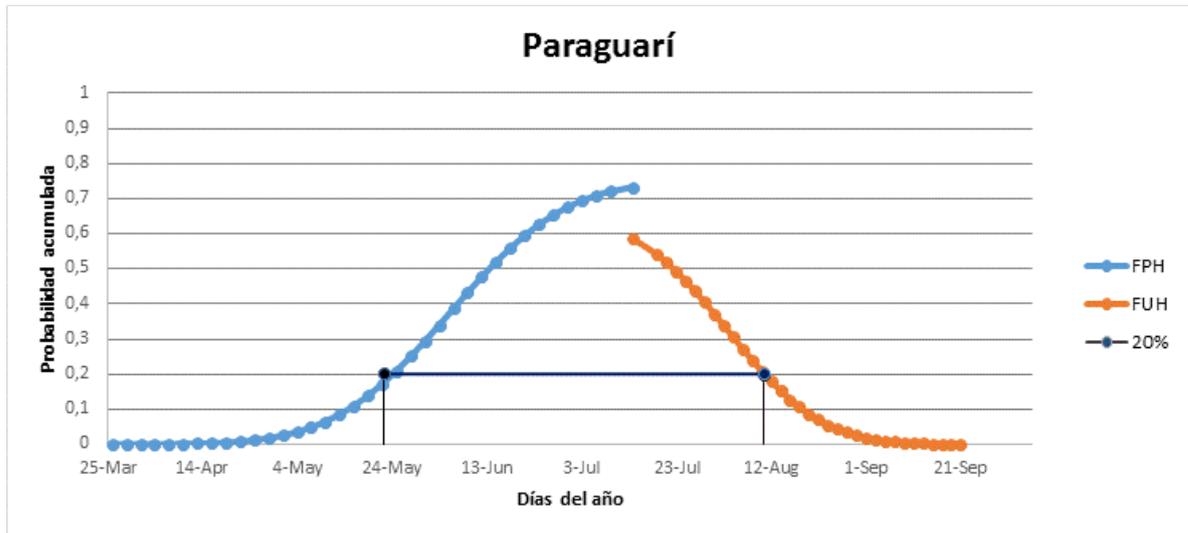


Figura 23: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Salto del Guairá y b) Apto. Asunción. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Paraguarí



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Villarrica

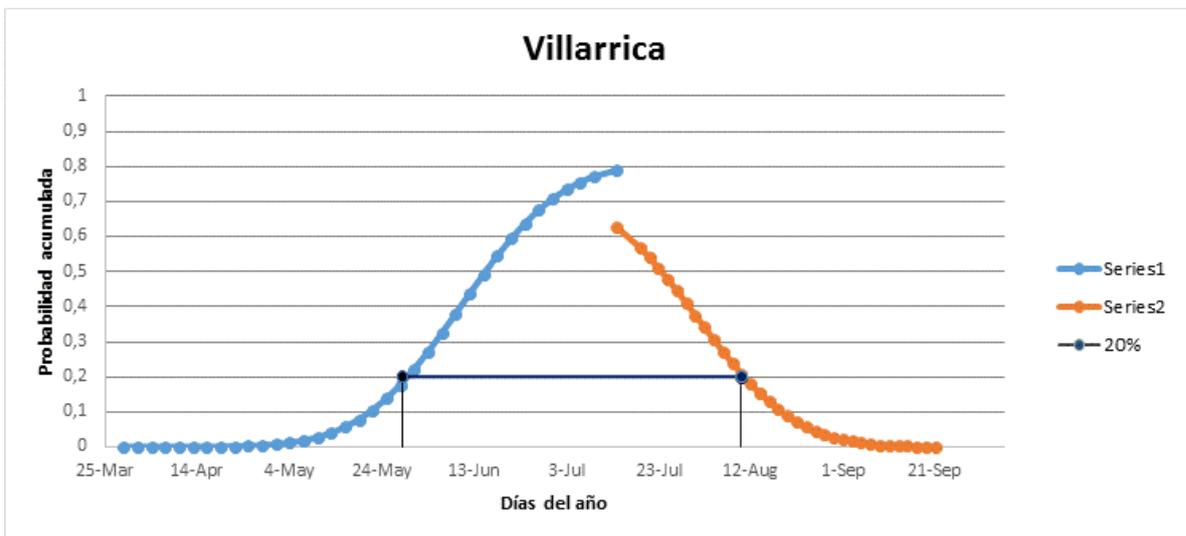
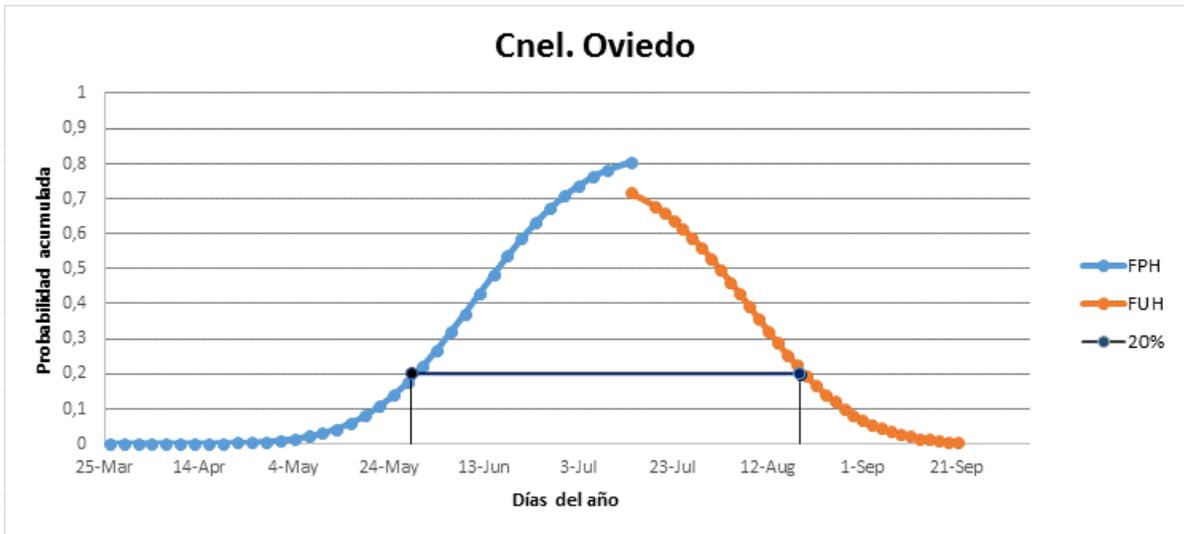


Figura 24: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Paraguarí y b) Villarrica. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

- a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Cnel. Oviedo



- b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Apto. Guaraní

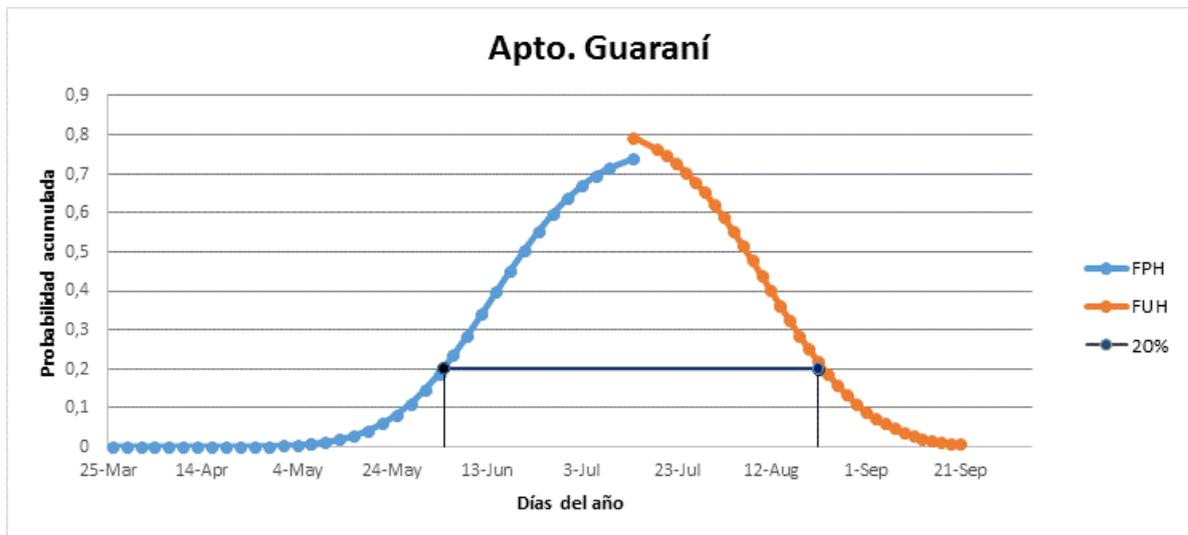
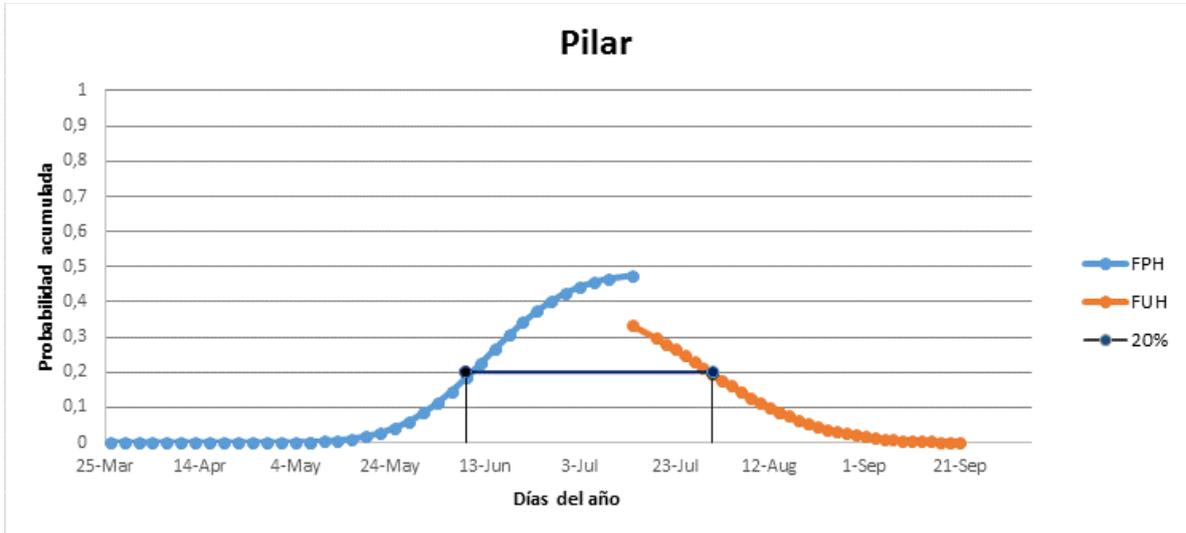


Figura 25: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Cnel. Oviedo y b) Apto. Guaraní. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Pilar



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación San J. Bautista

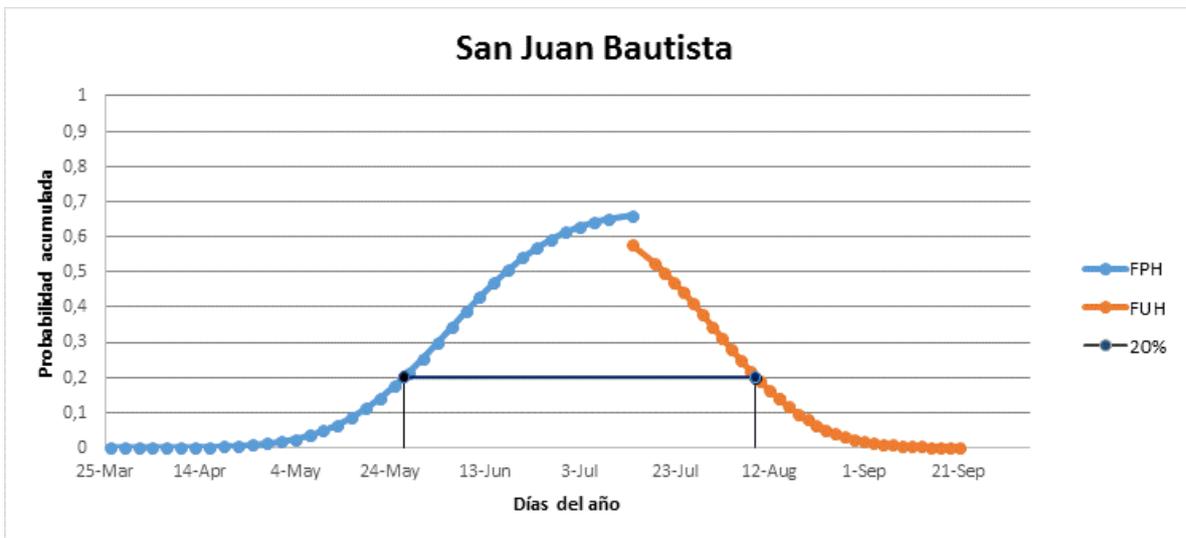


Figura 26: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Pilar y b) San Juan Bautista. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas (continuación)

a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Caazapá



b) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Cap. Meza

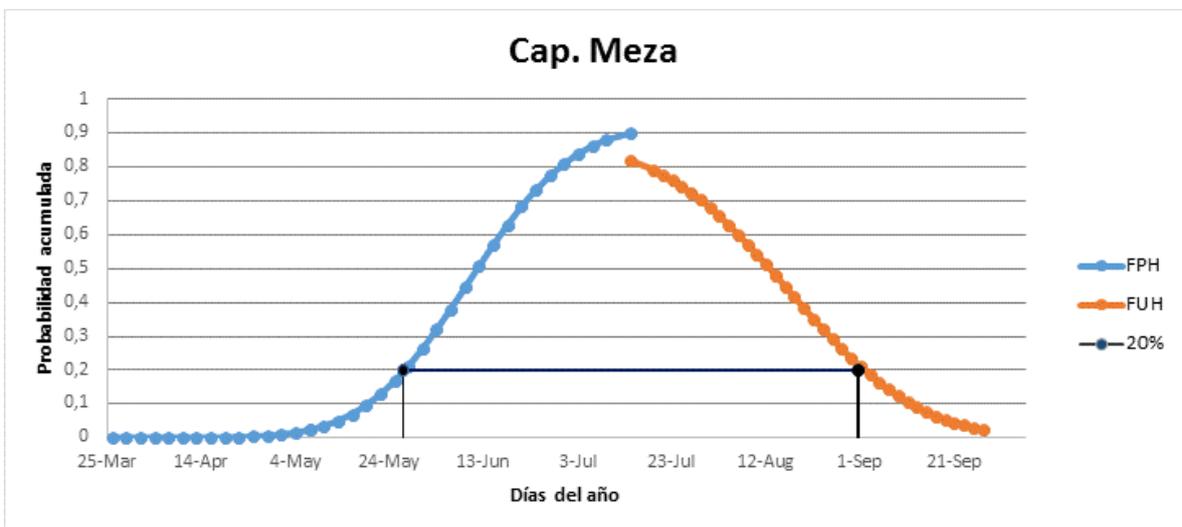


Figura 27: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Caazapá y b) Cap. Meza. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

**Gráficos de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas
(continuación)**

- a) Función teórica de probabilidad acumulada para la estación Encarnación

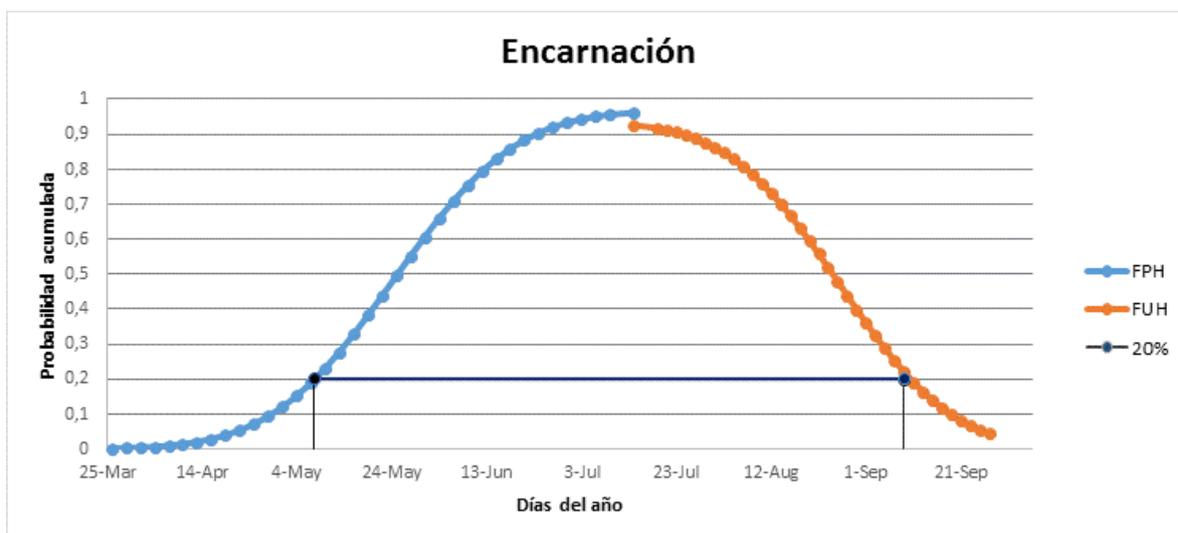


Figura 28: Función teórica de probabilidad acumulada de heladas agrometeorológicas con fecha de primera helada FPH (línea celeste) y fecha de última helada FUH (línea anaranjada) para a) Encarnación. La línea azul entre puntos negros indica el periodo con heladas que tienen probabilidad de ocurrencia del 20%.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas meteorológicas

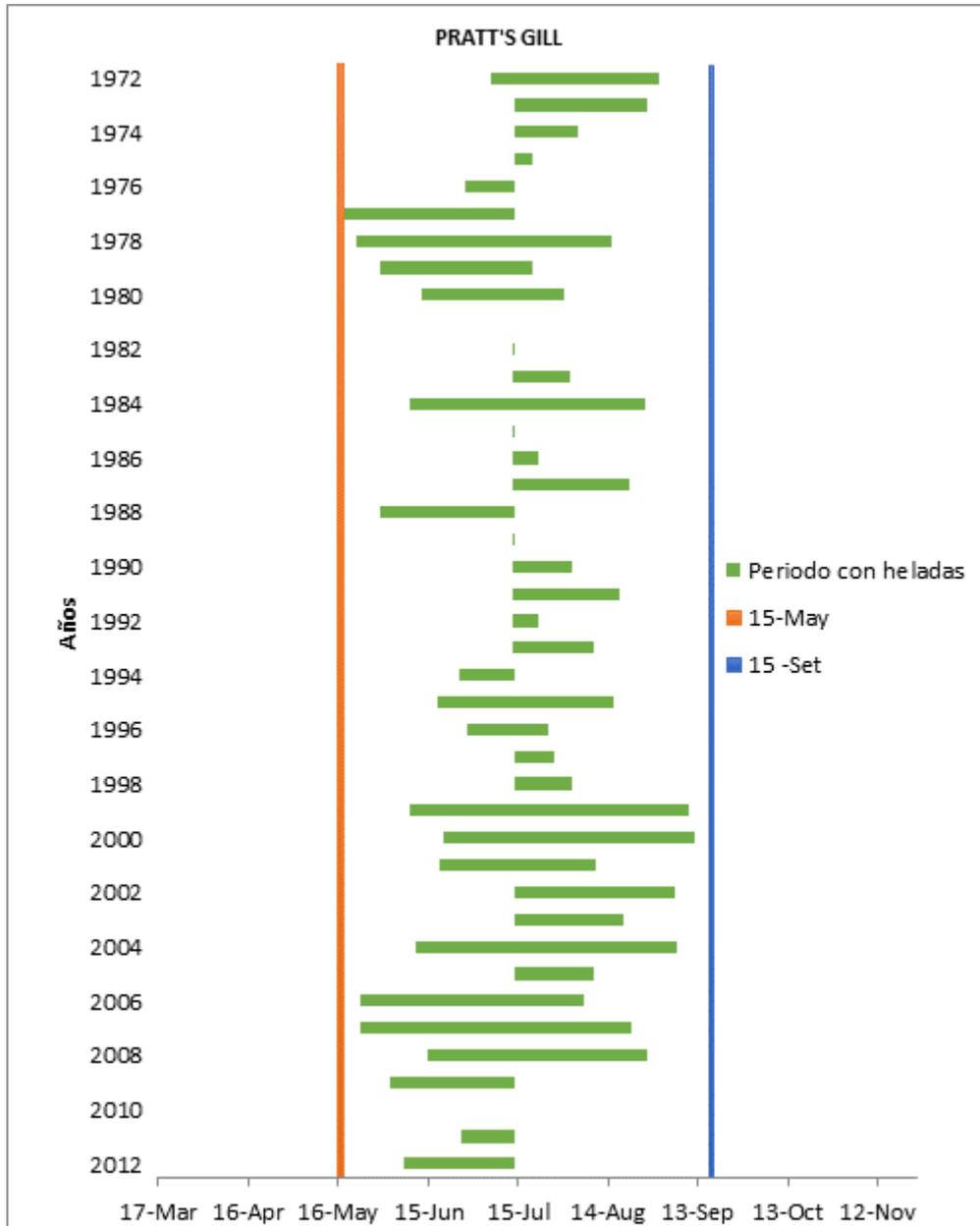


Figura 29: Evolución temporal del período con heladas meteorológicas (barras) en las distintas estaciones para Pratt´s Gill. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas meteorológicas (continuación)

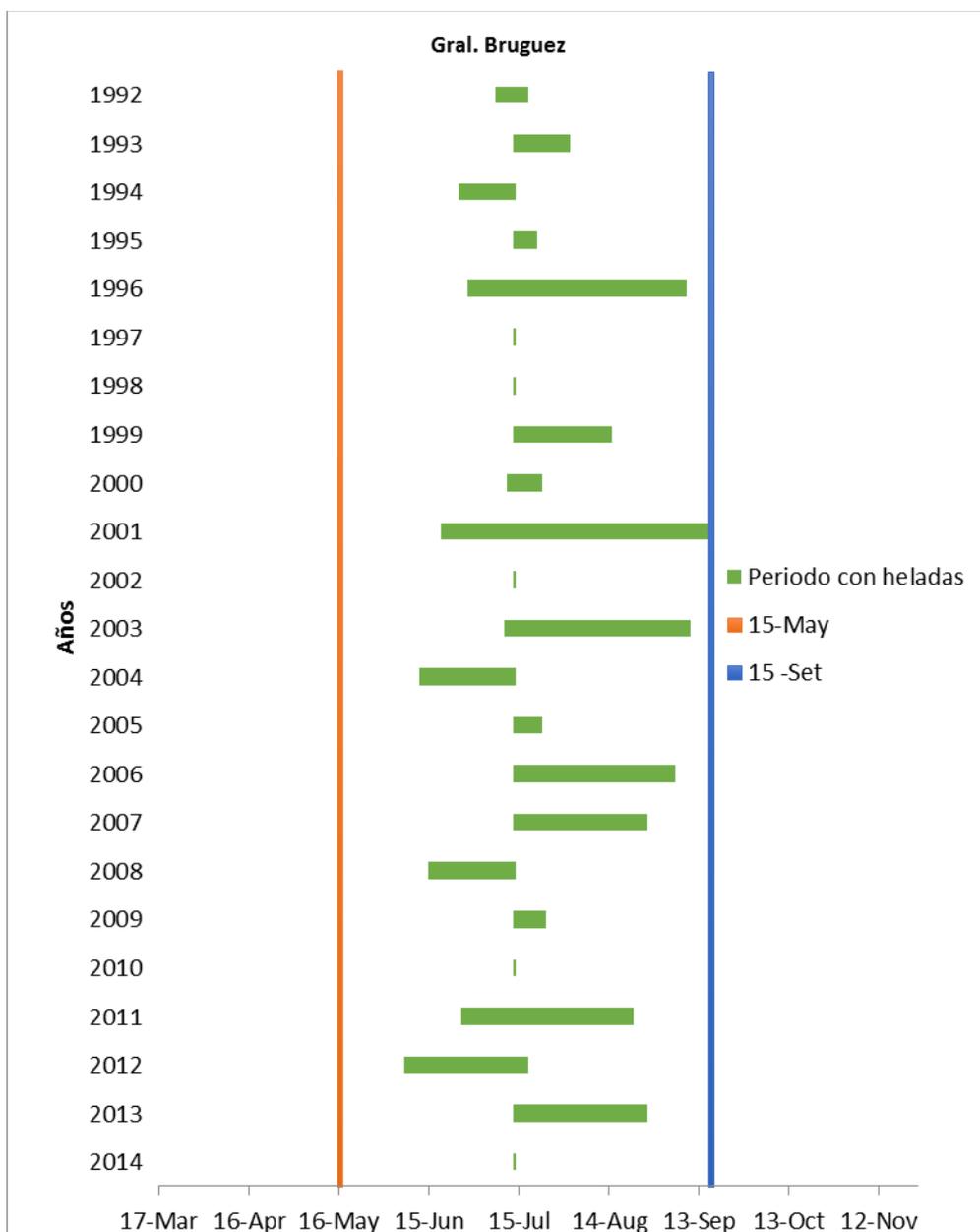


Figura 30: Evolución temporal del periodo con heladas meteorológicas (barras) en las distintas estaciones para Gral. Bruguez. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas meteorológicas (continuación)

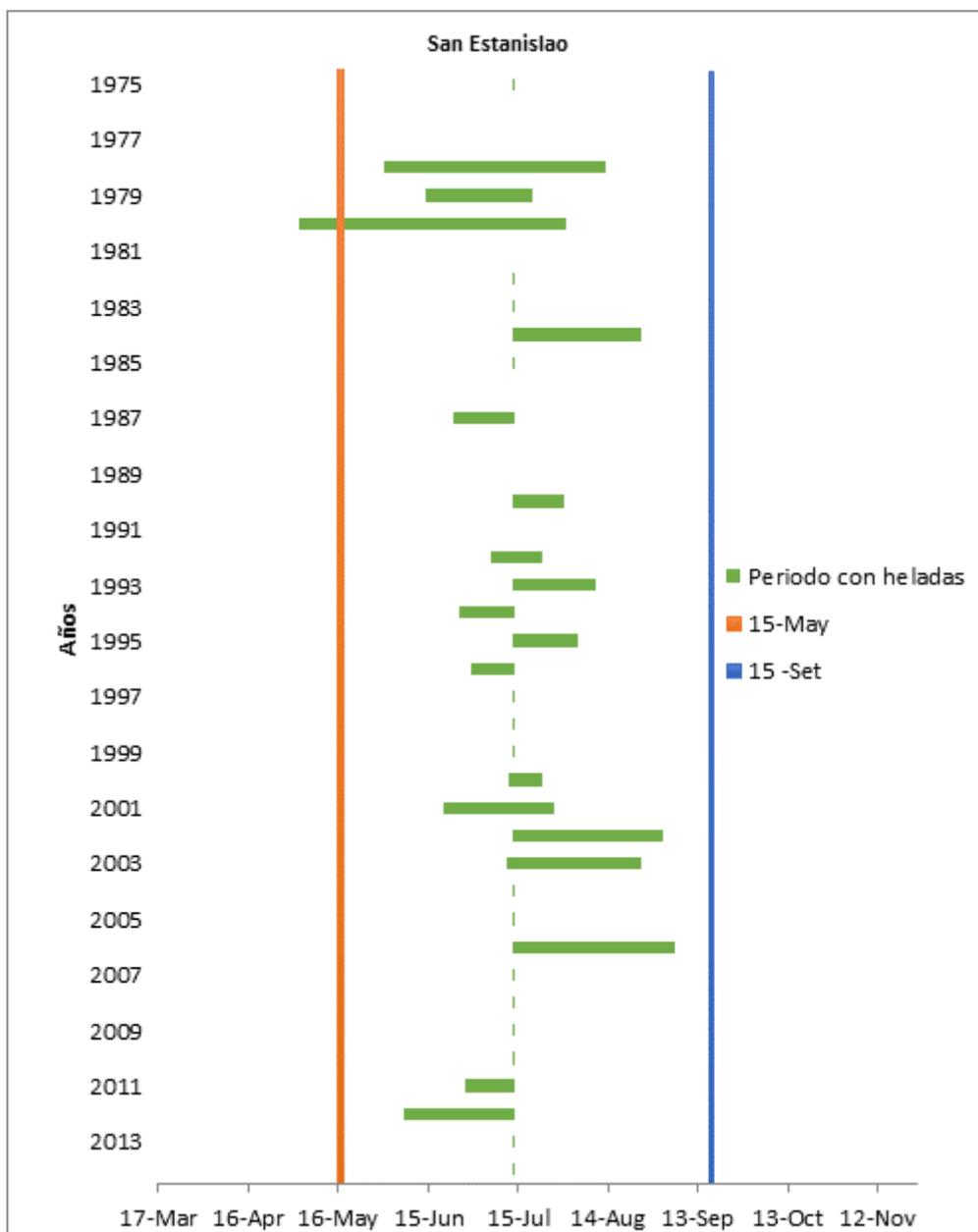


Figura 31: Evolución temporal del período con heladas meteorológicas (barras) en las distintas estaciones para San Estanislao. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas meteorológicas (continuación)

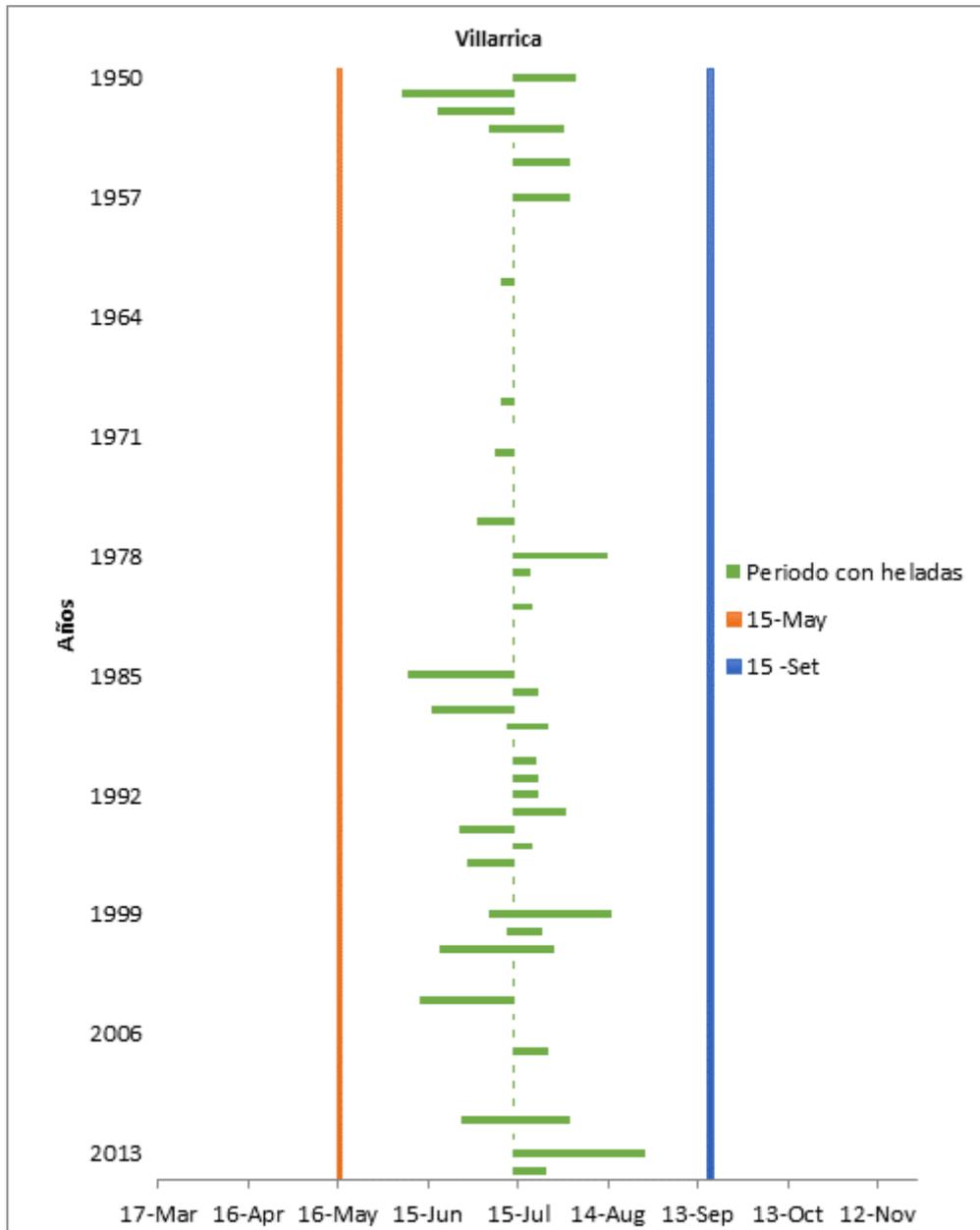


Figura 32: Evolución temporal del periodo con heladas meteorológicas (barras) en las distintas estaciones para Villarrica. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas meteorológicas (continuación)

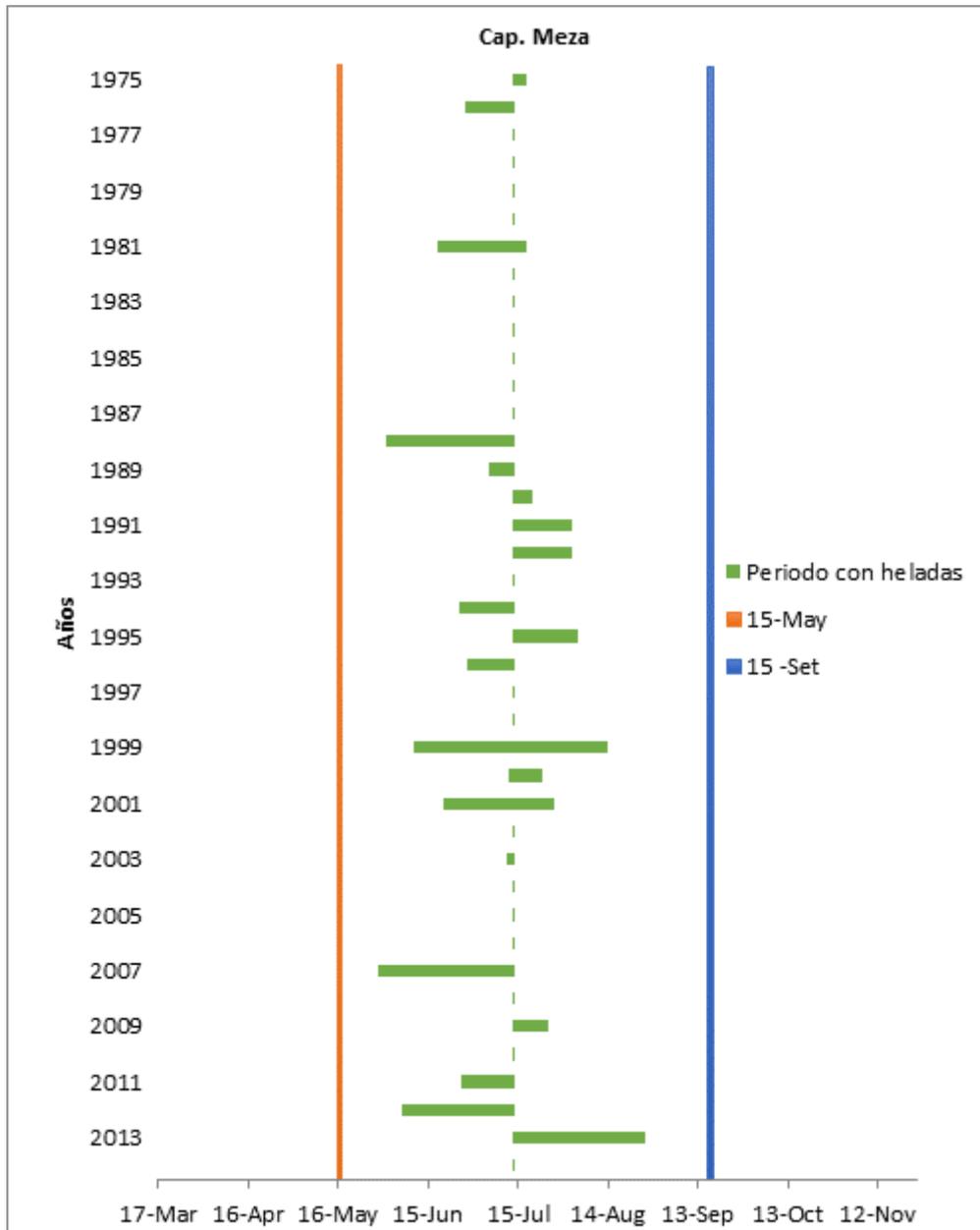


Figura 33: Evolución temporal del período con heladas meteorológicas (barras) en las distintas estaciones para Cap. Meza. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas meteorológicas (continuación)

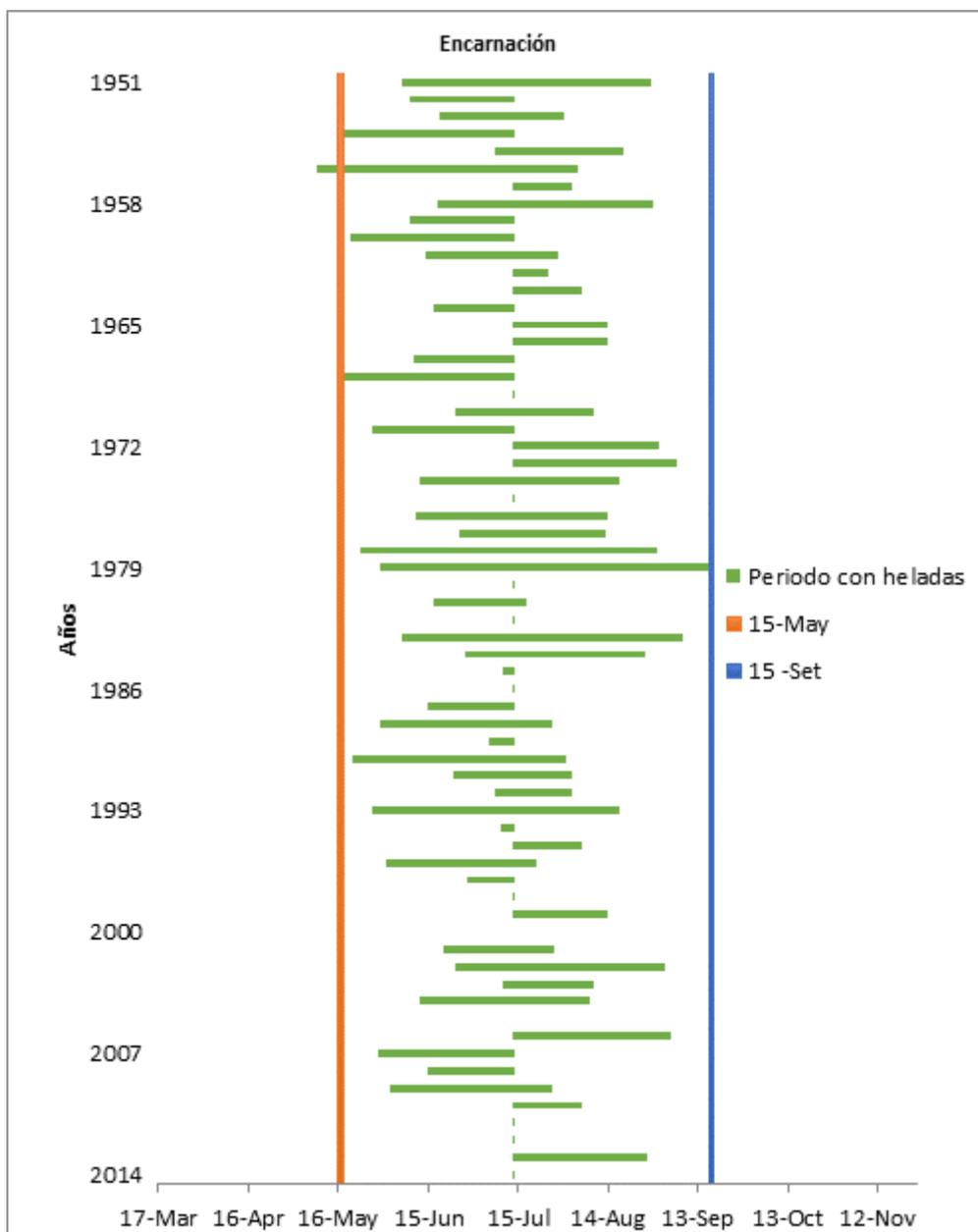


Figura 34: Evolución temporal del periodo con heladas meteorológicas (barras) en las distintas estaciones para Encarnación. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas

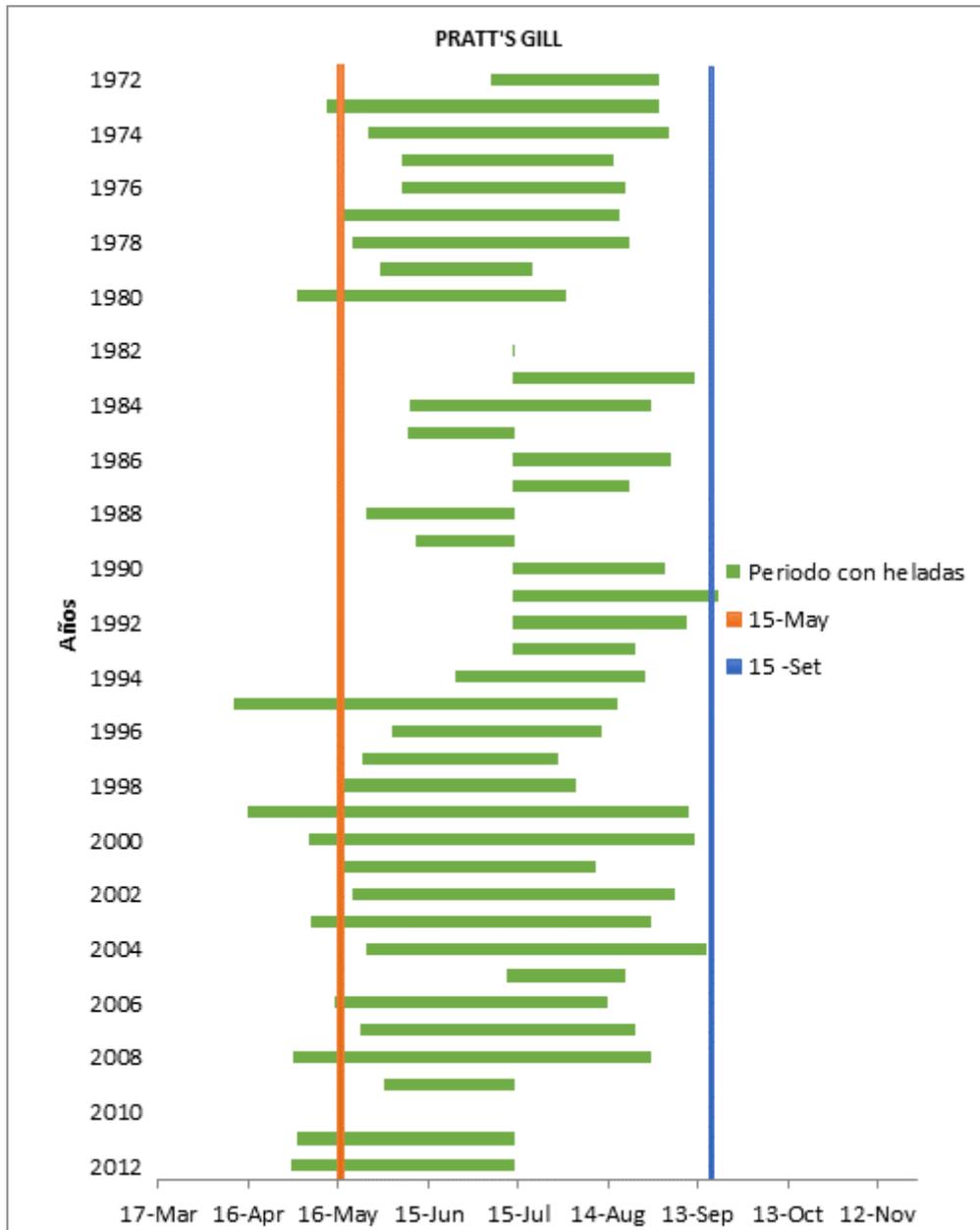


Figura 35: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Pratt's Gill. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

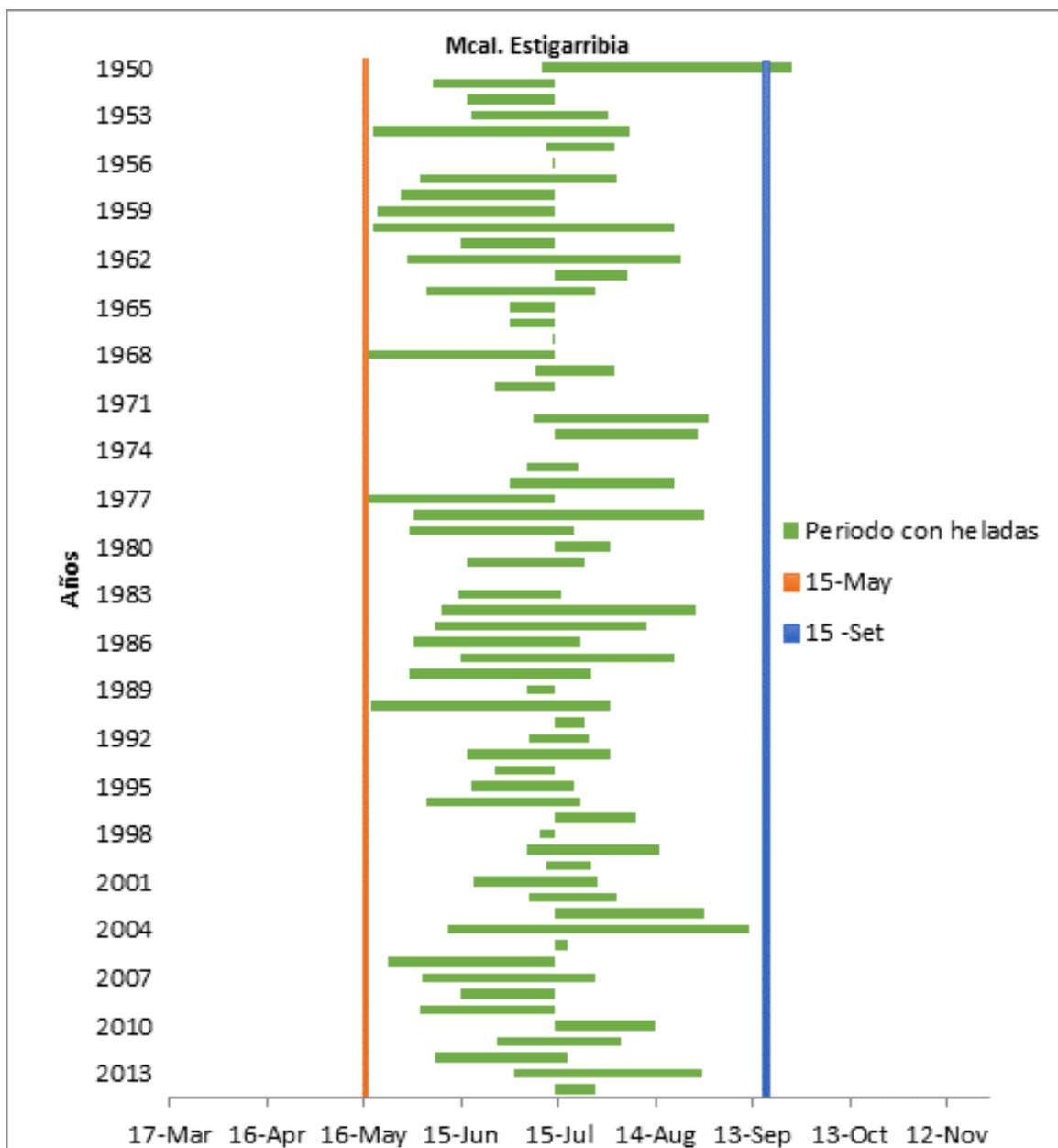


Figura 36: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Mcal. Estigarribia. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**(Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

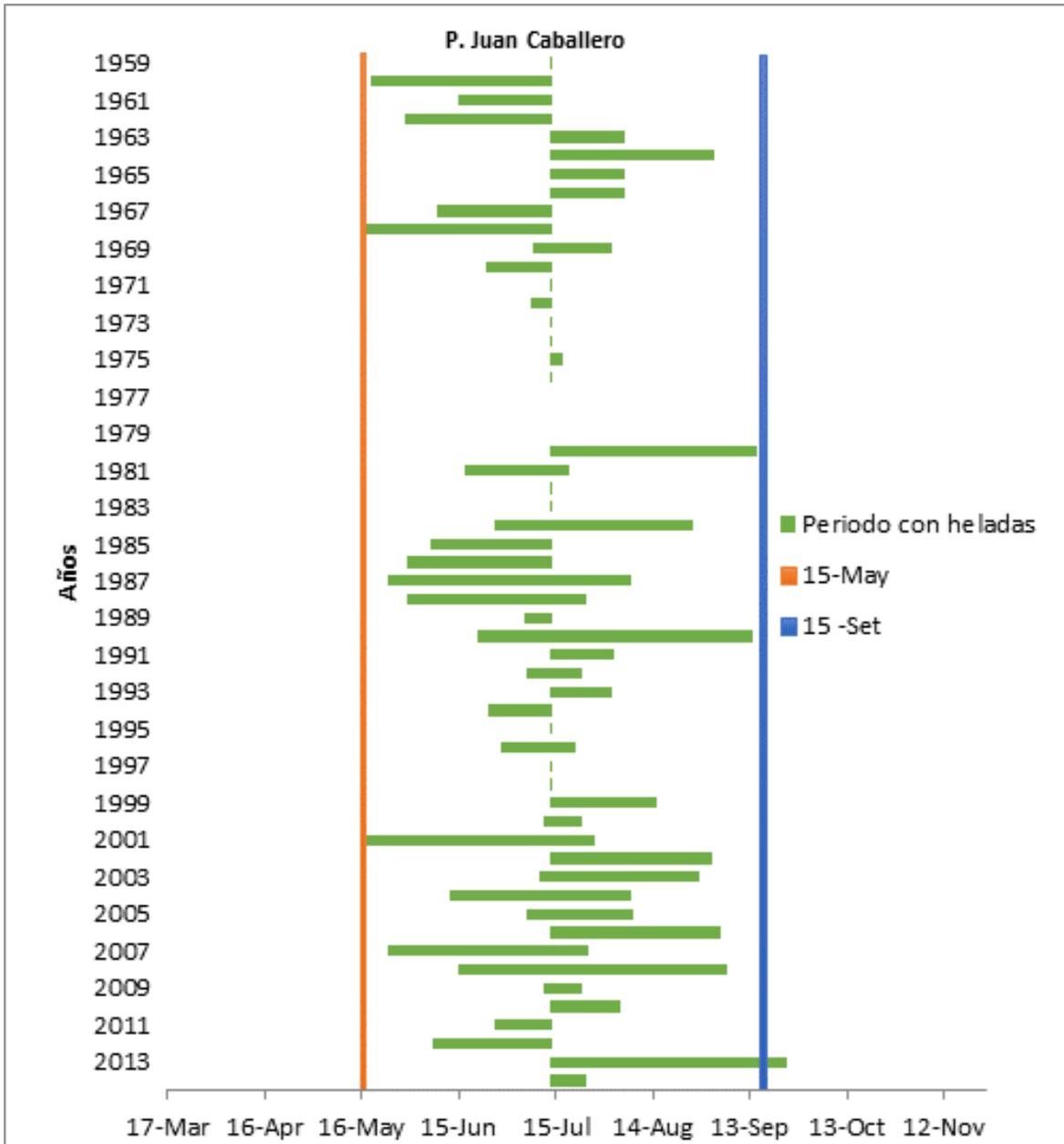


Figura 37: Evolución temporal del período con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Pedro Juan Caballero. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

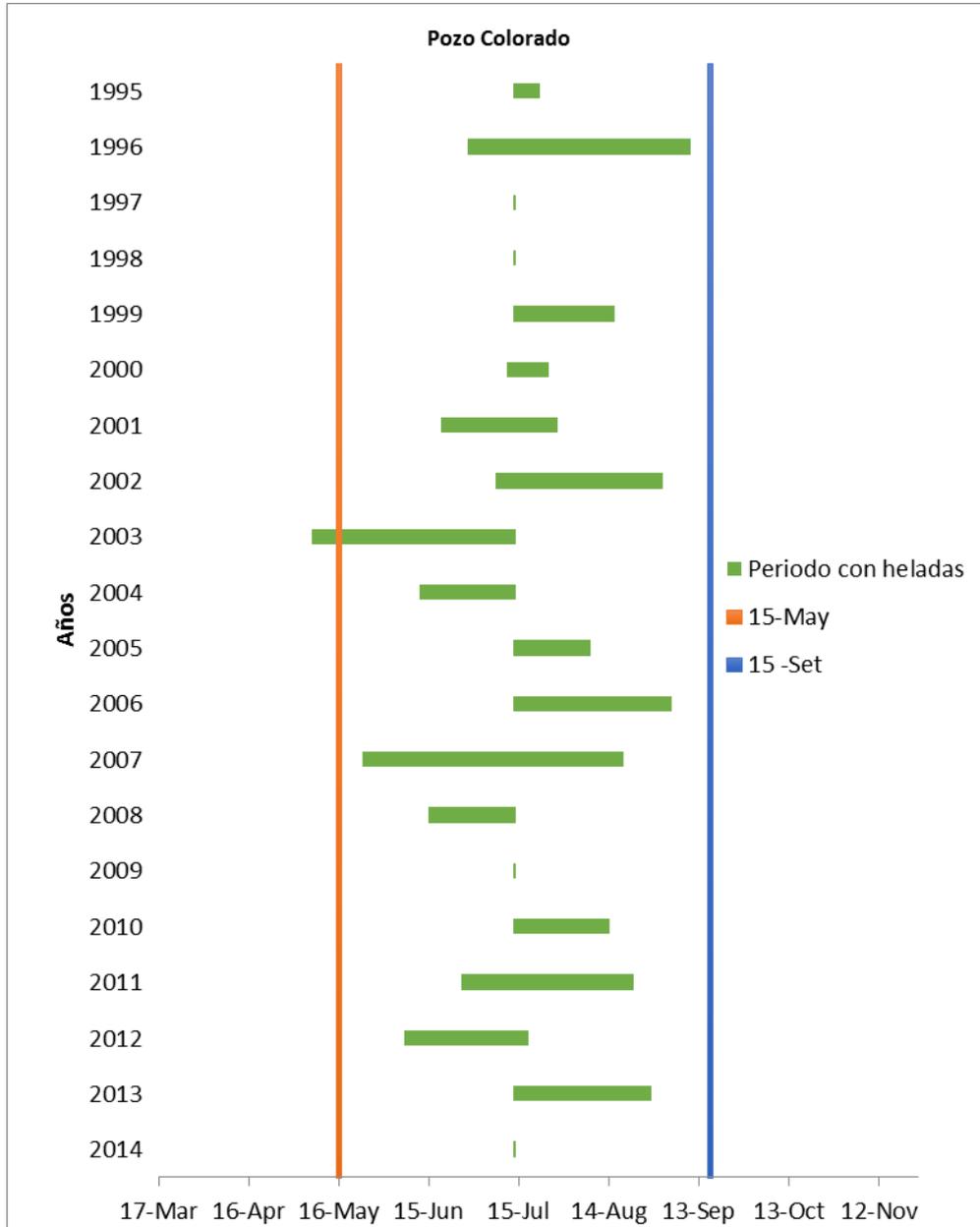


Figura 38: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Pozo Colorado. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

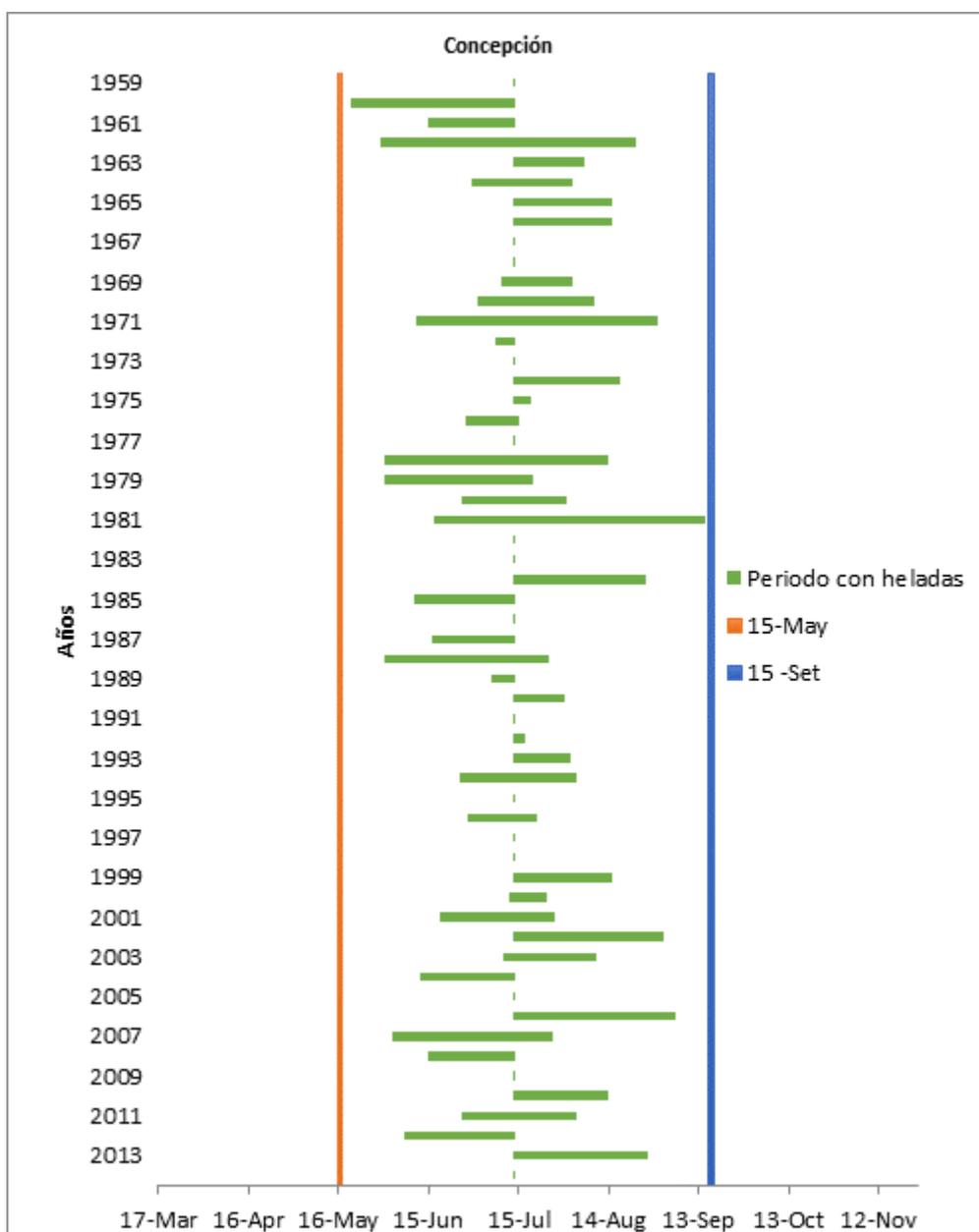


Figura 39: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Concepción. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas (Continuación)

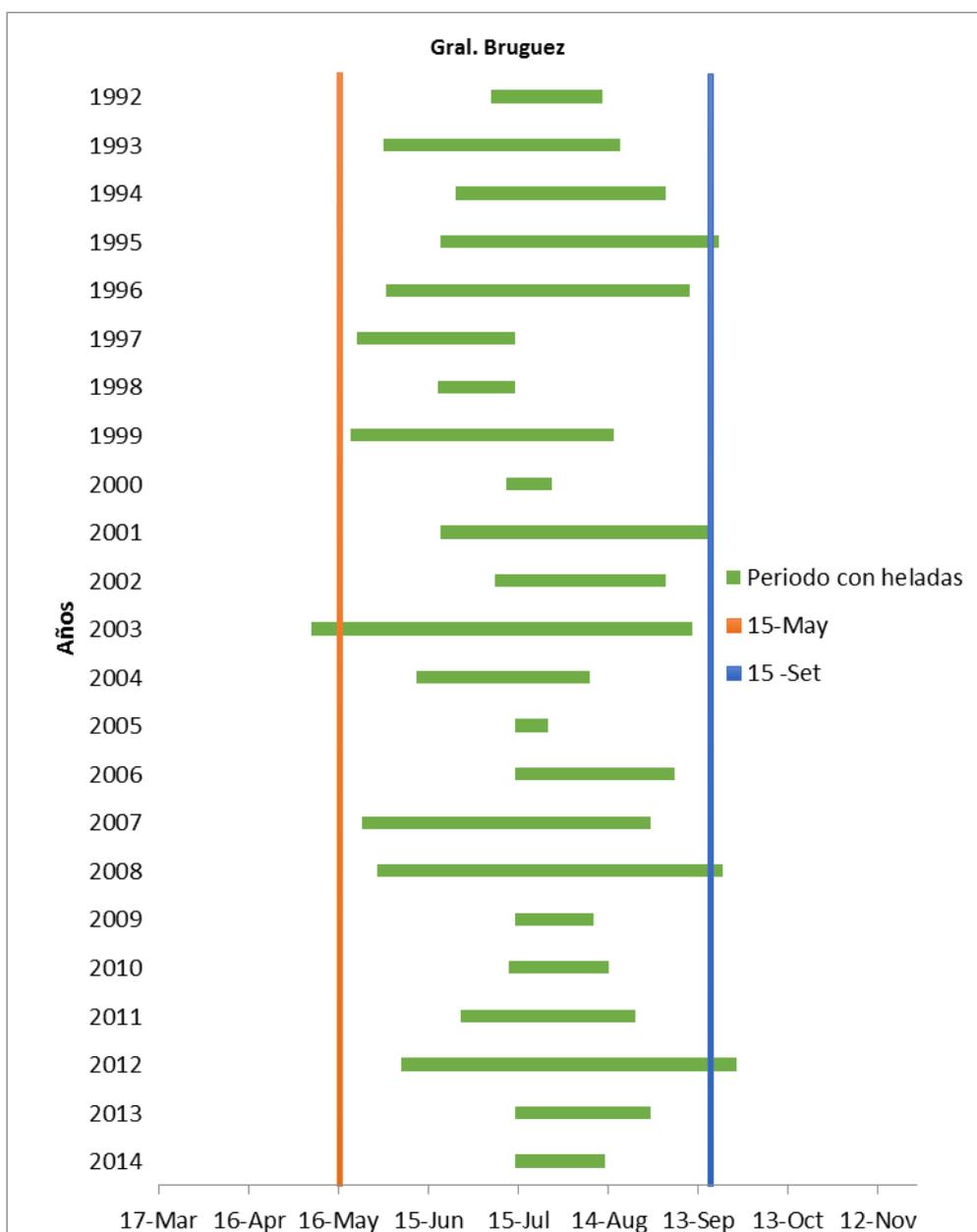


Figura 40: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Gral. Bruguéz. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

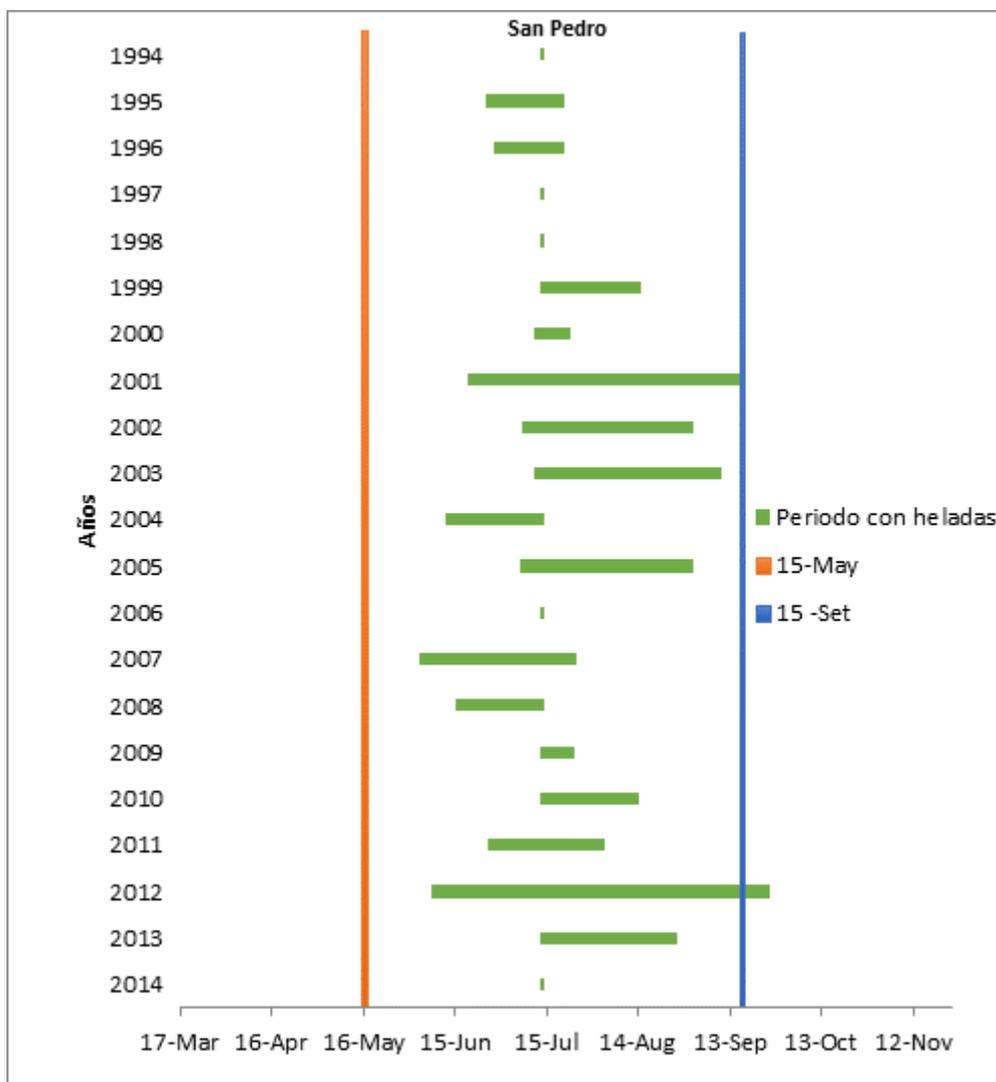


Figura 41: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para San Pedro. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

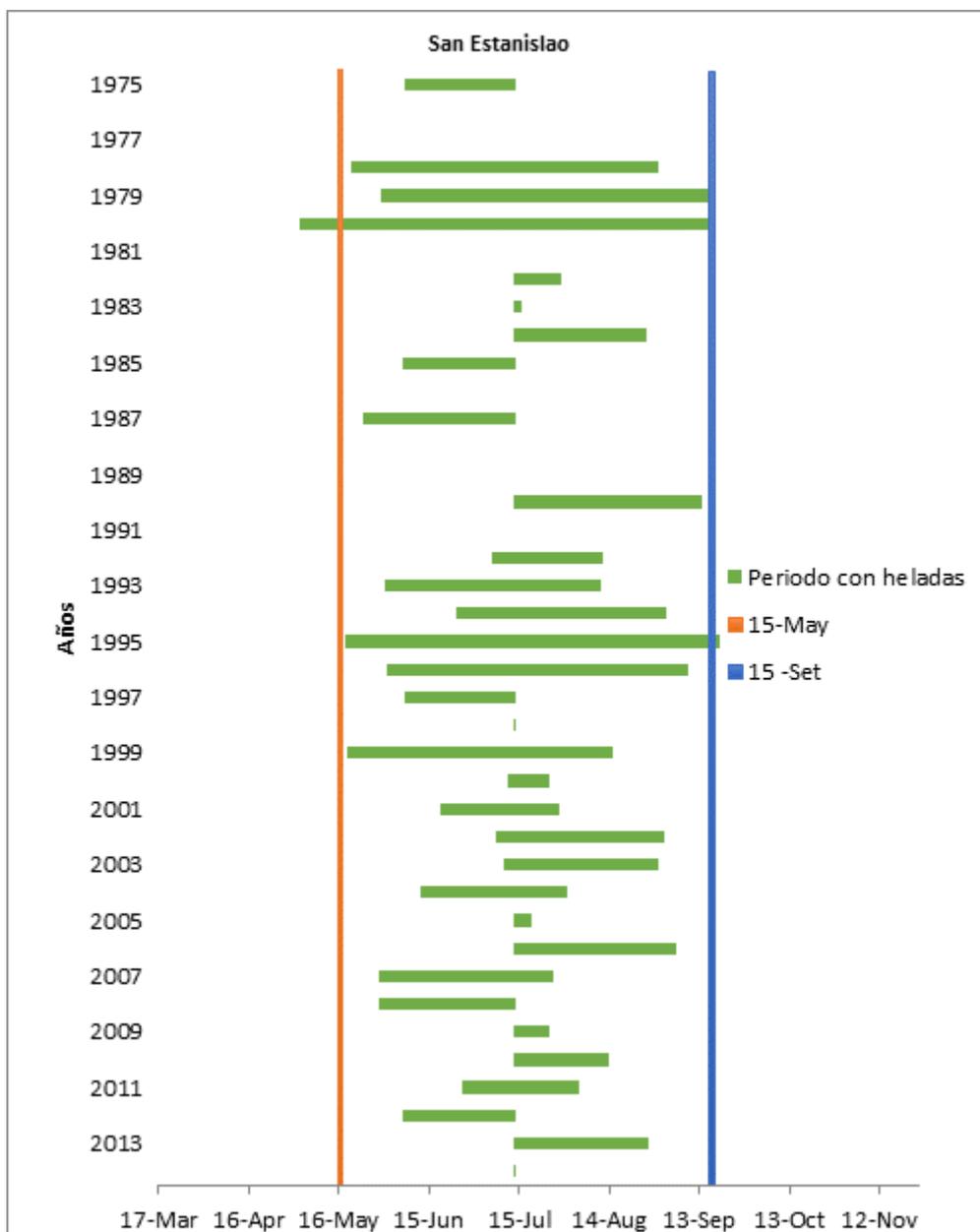


Figura 42: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para San Estanislao. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

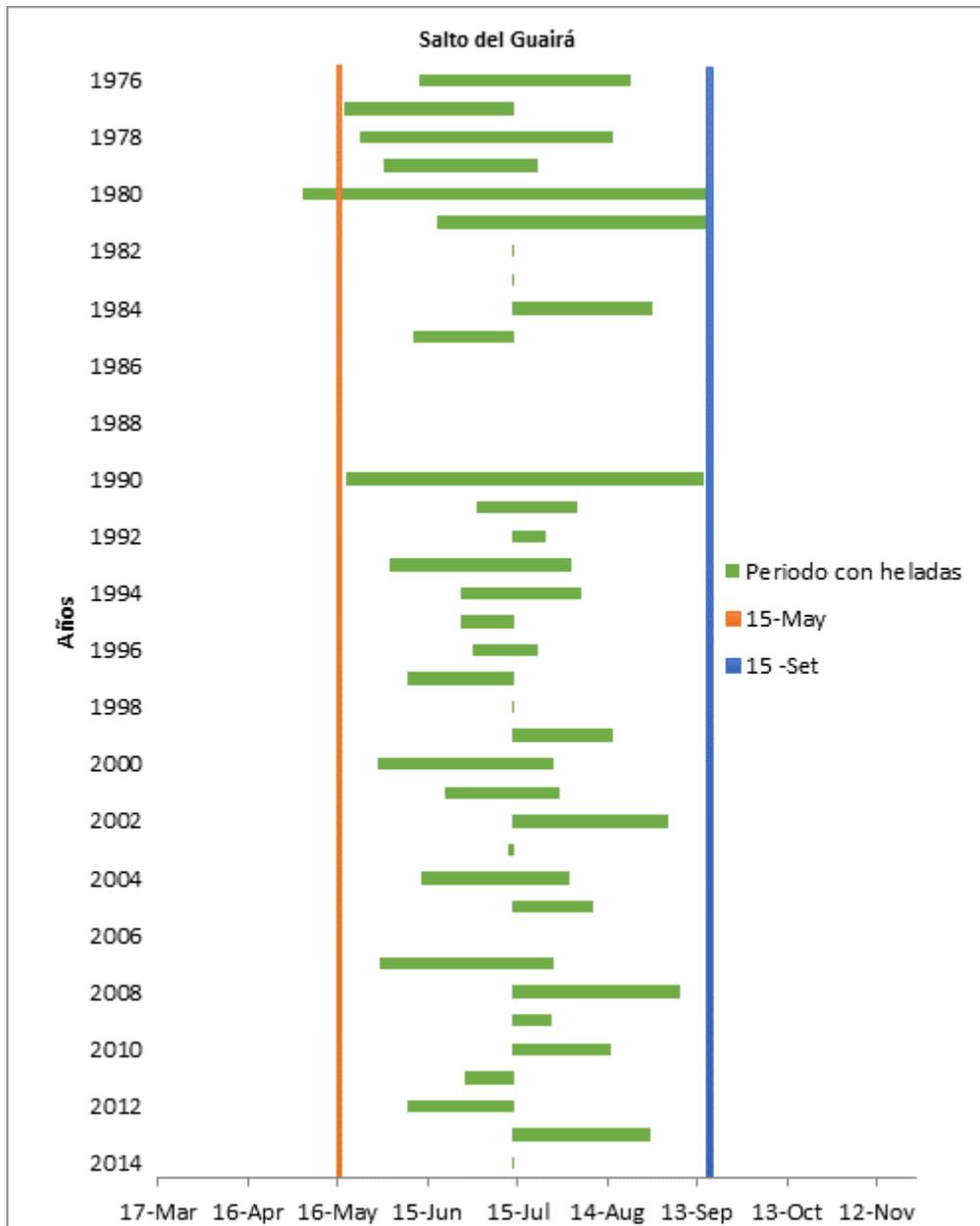


Figura 43: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Salto del Guairá. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas (Continuación)

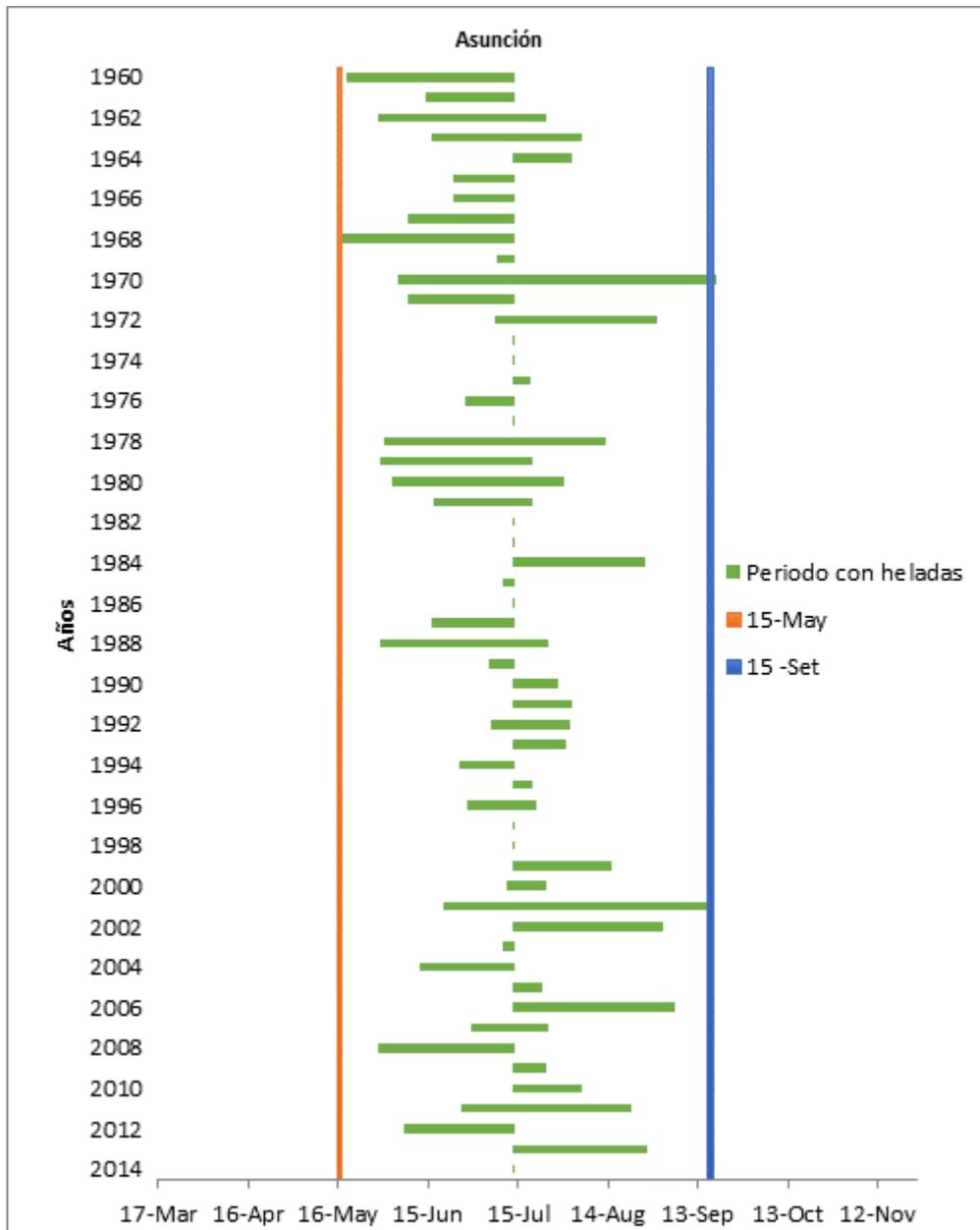


Figura 44: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Apto. Asunción. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

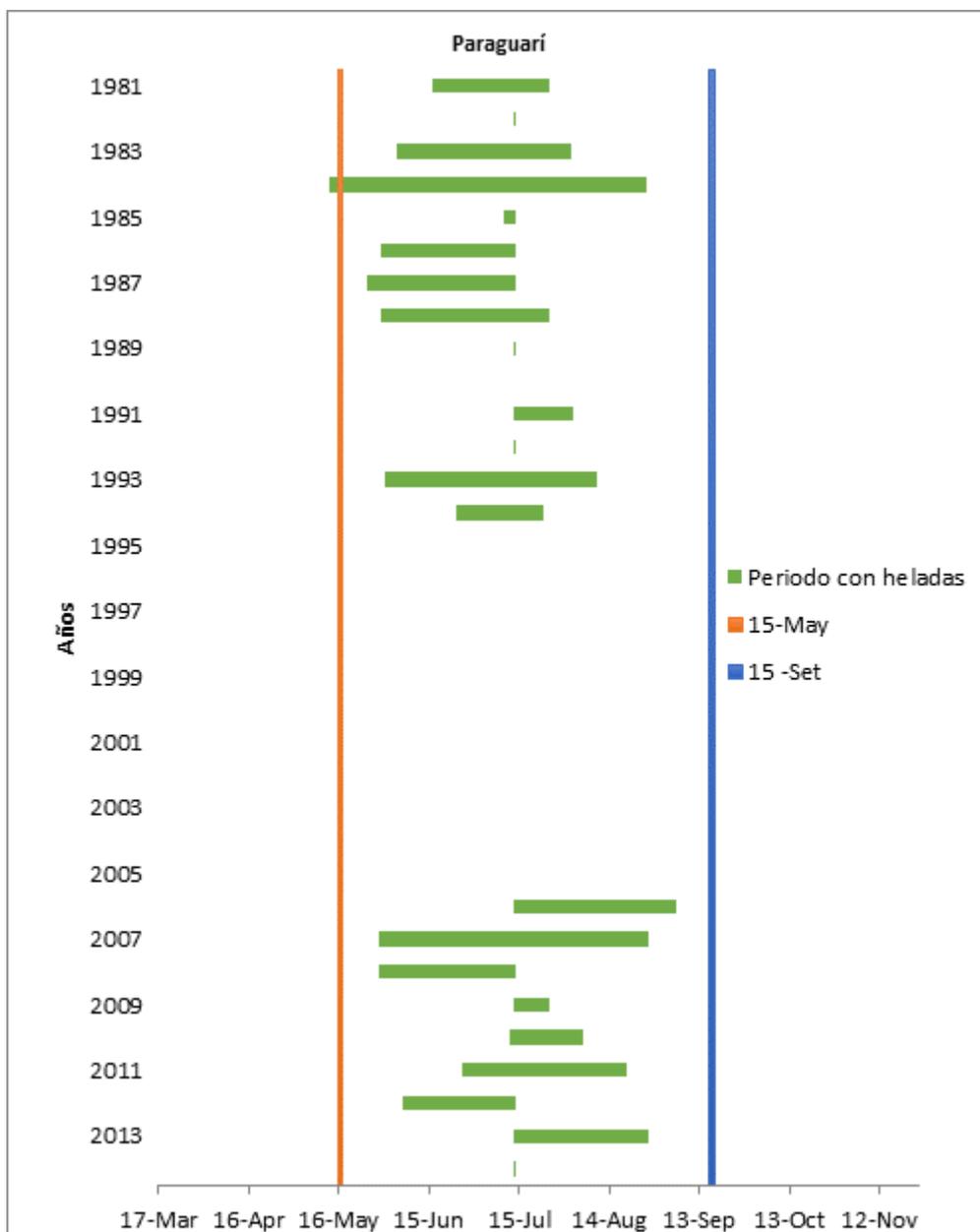


Figura 45: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Paraguarí. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

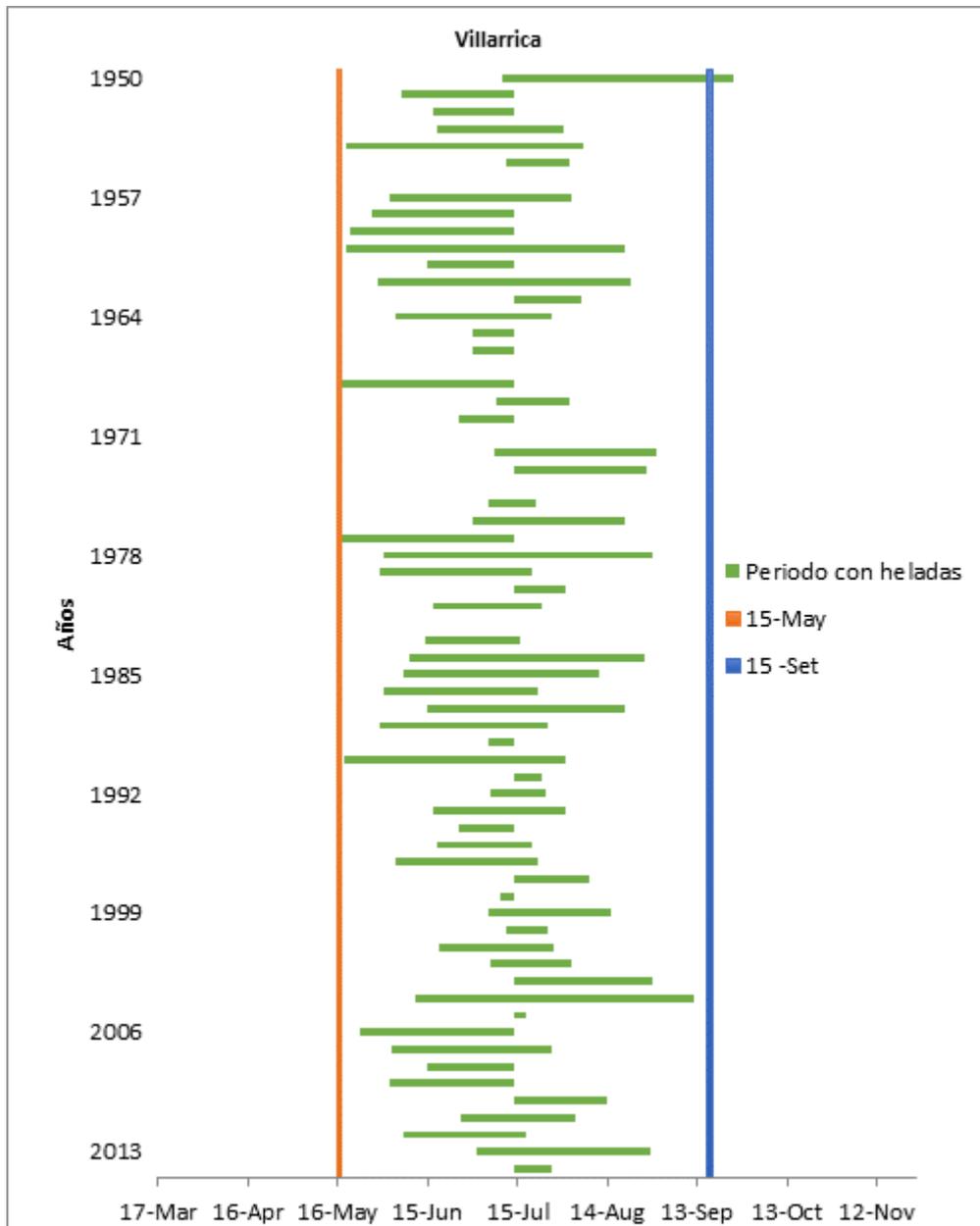


Figura 46: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Villarrica. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

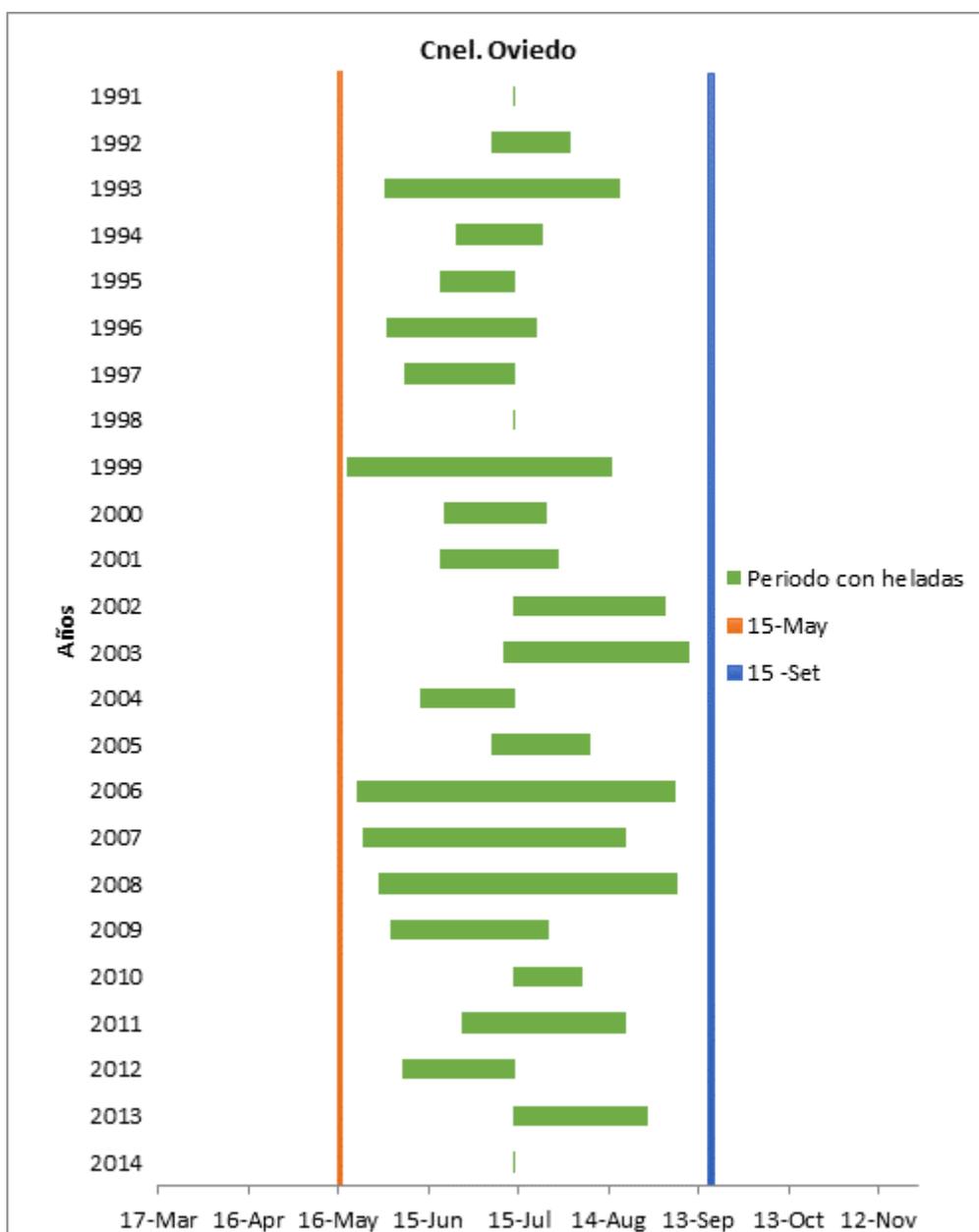


Figura 47: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Cnel. Oviedo. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

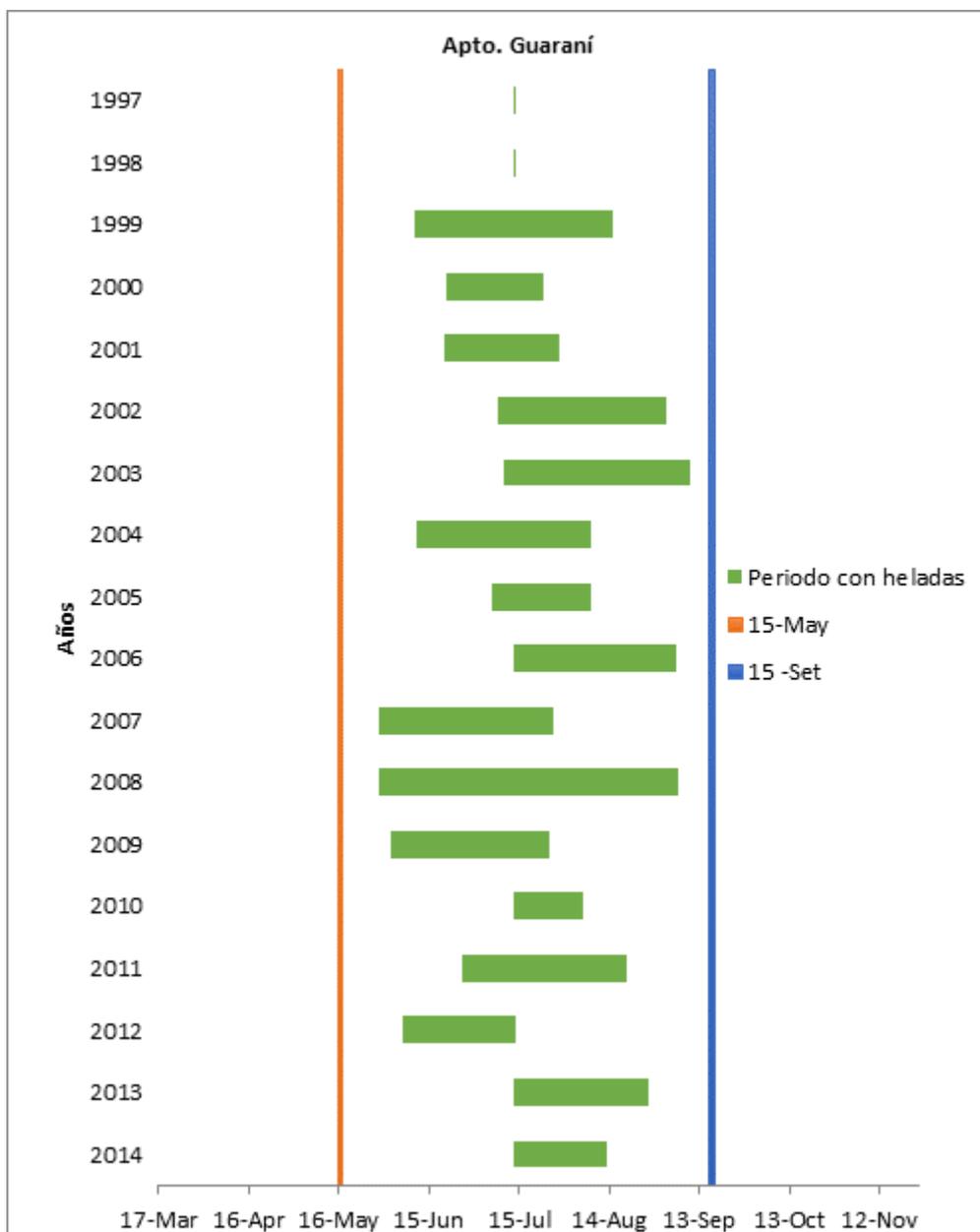


Figura 48: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Apto. Guaraní. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

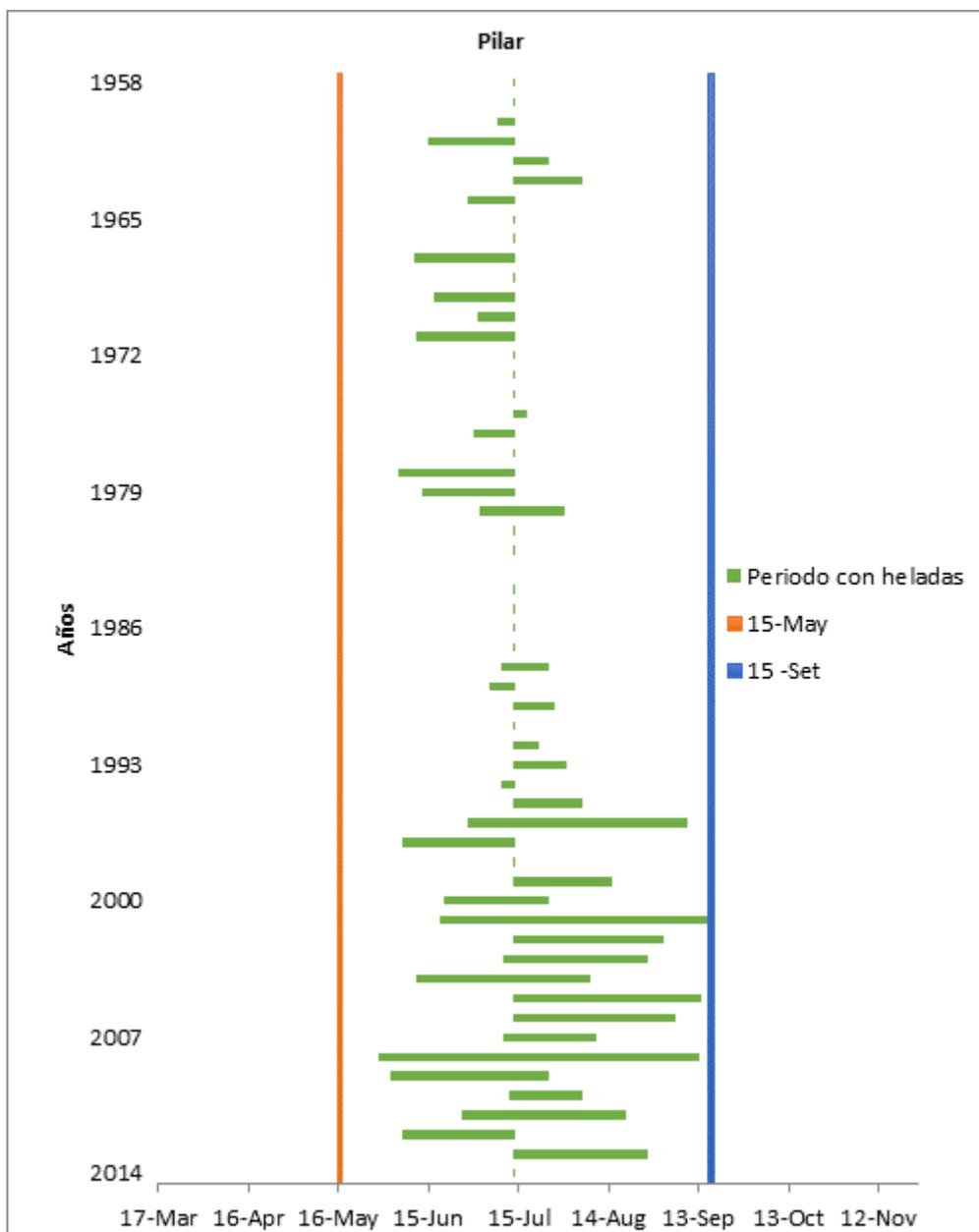


Figura 49: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Pilar. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

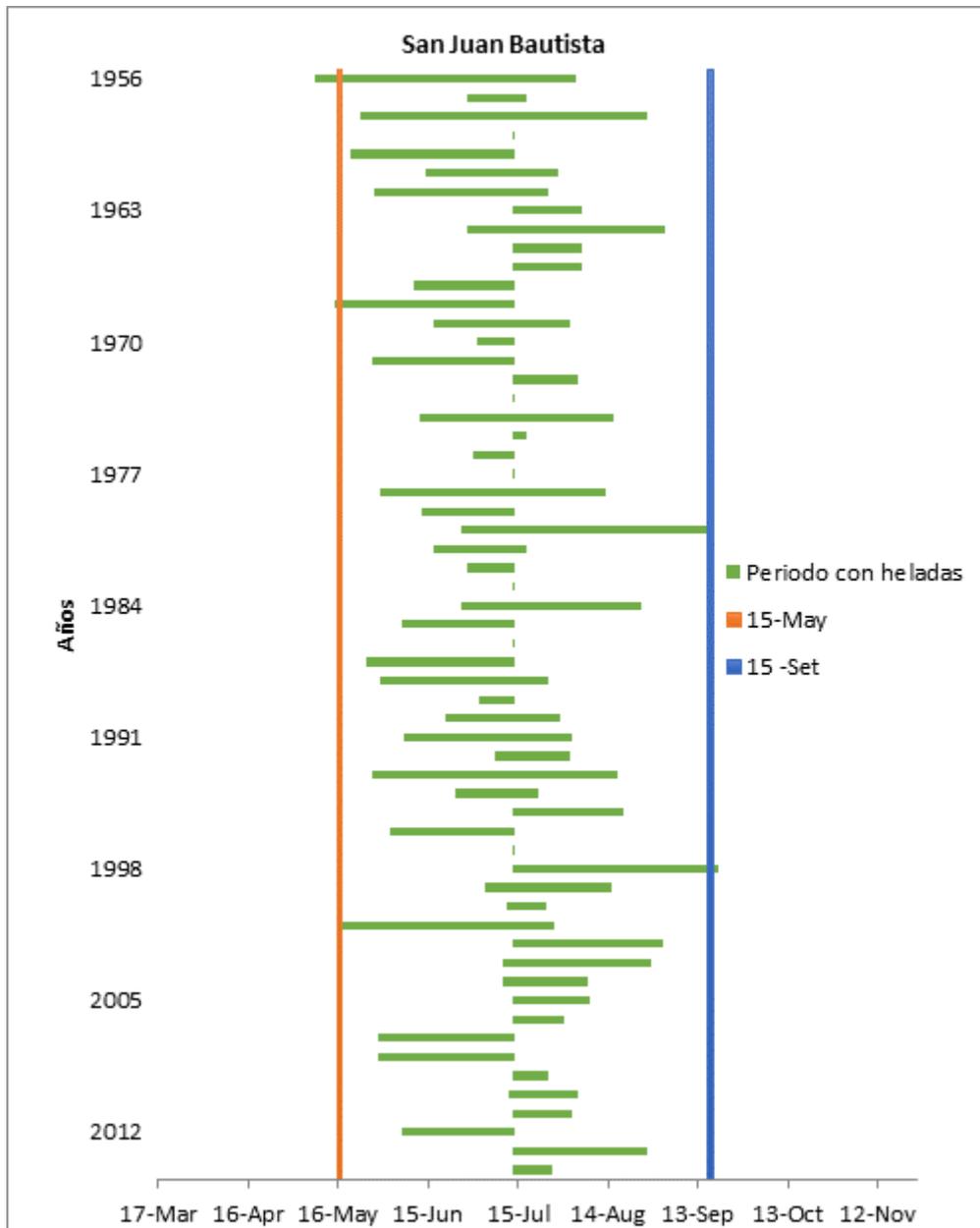


Figura 50: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para San Juan Bautista. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

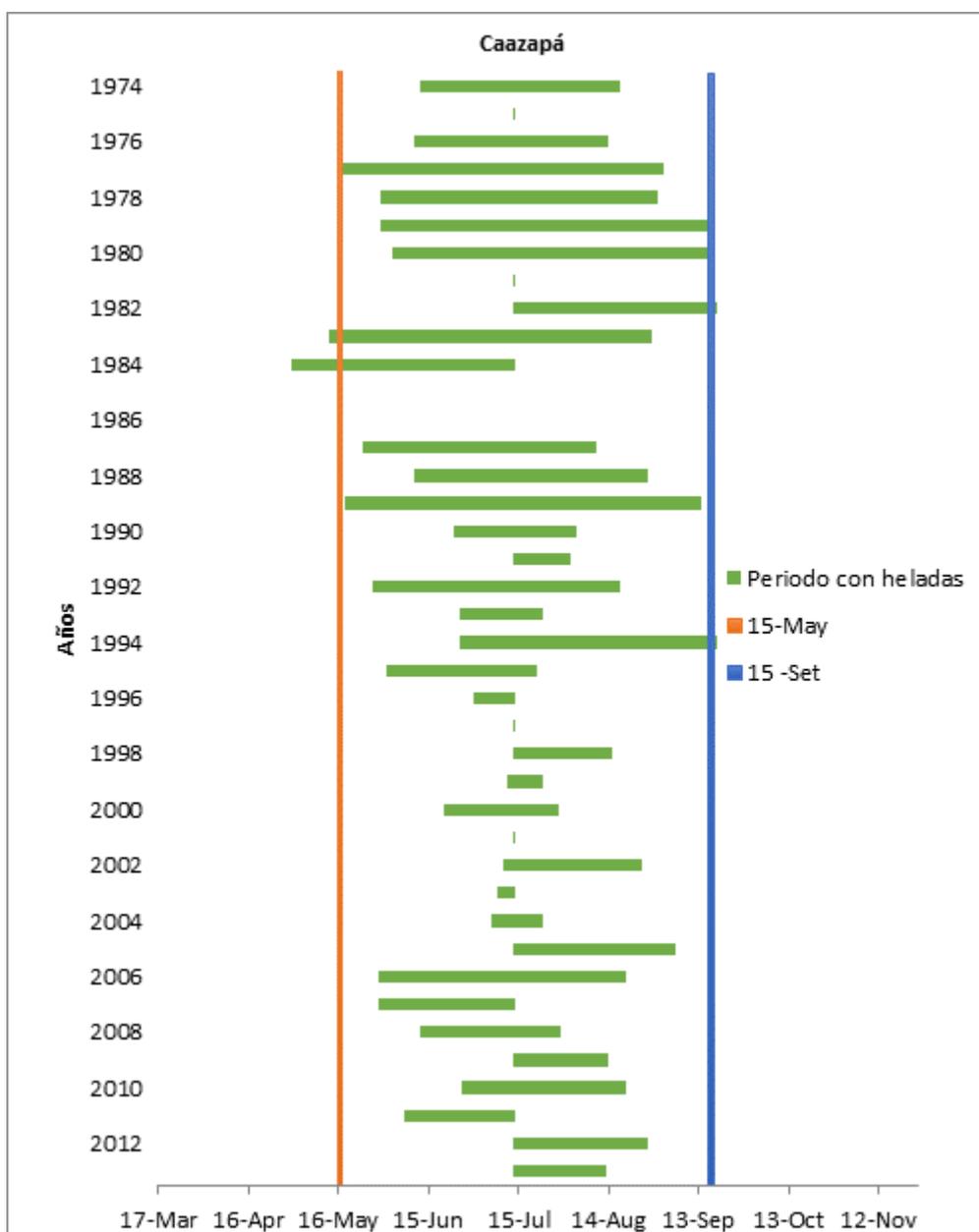


Figura 51: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Caazapá. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas (Continuación)

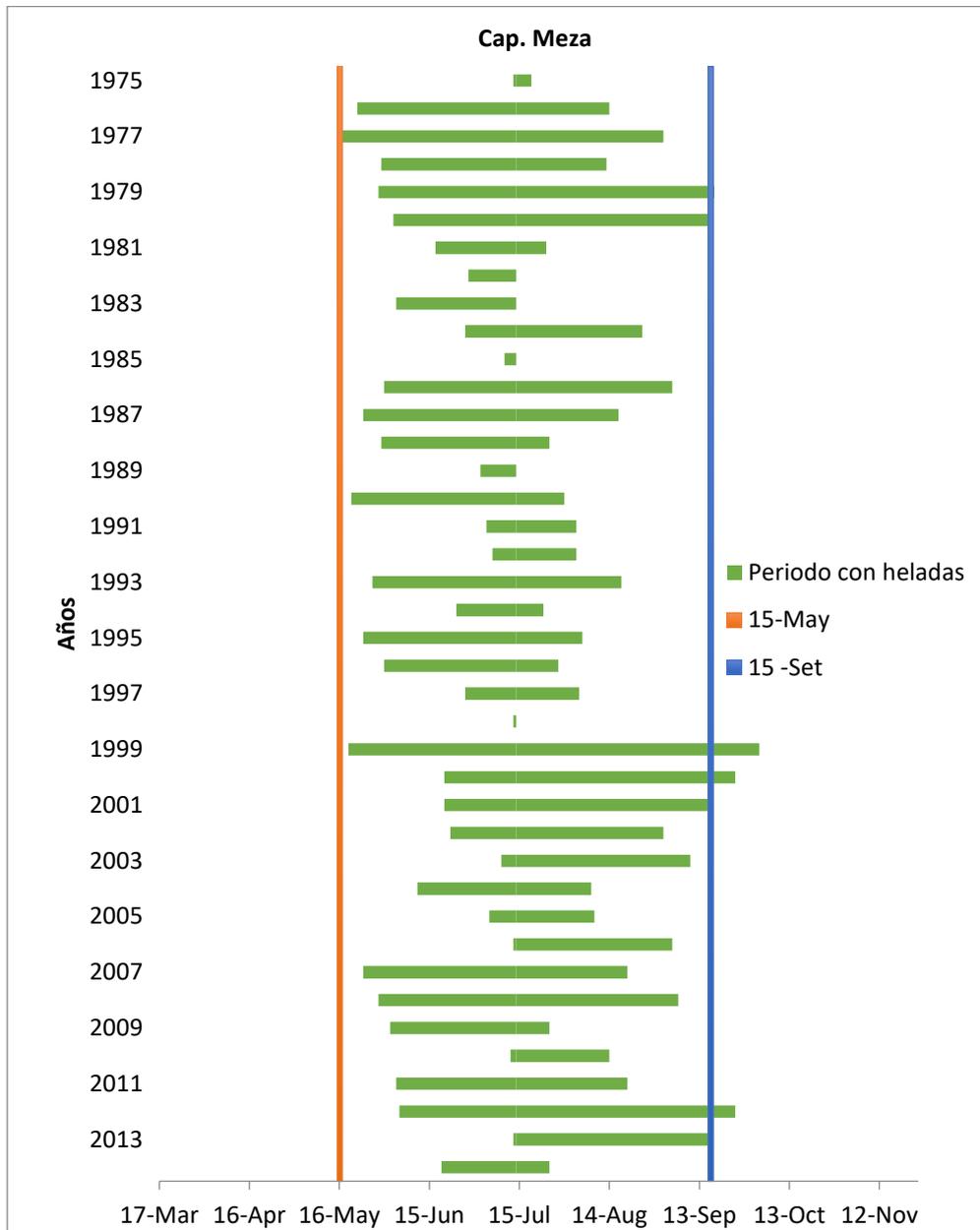


Figura 52: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Cap. Meza. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

**Gráfico de la evolución temporal del período de heladas agrometeorológicas
(Continuación)**

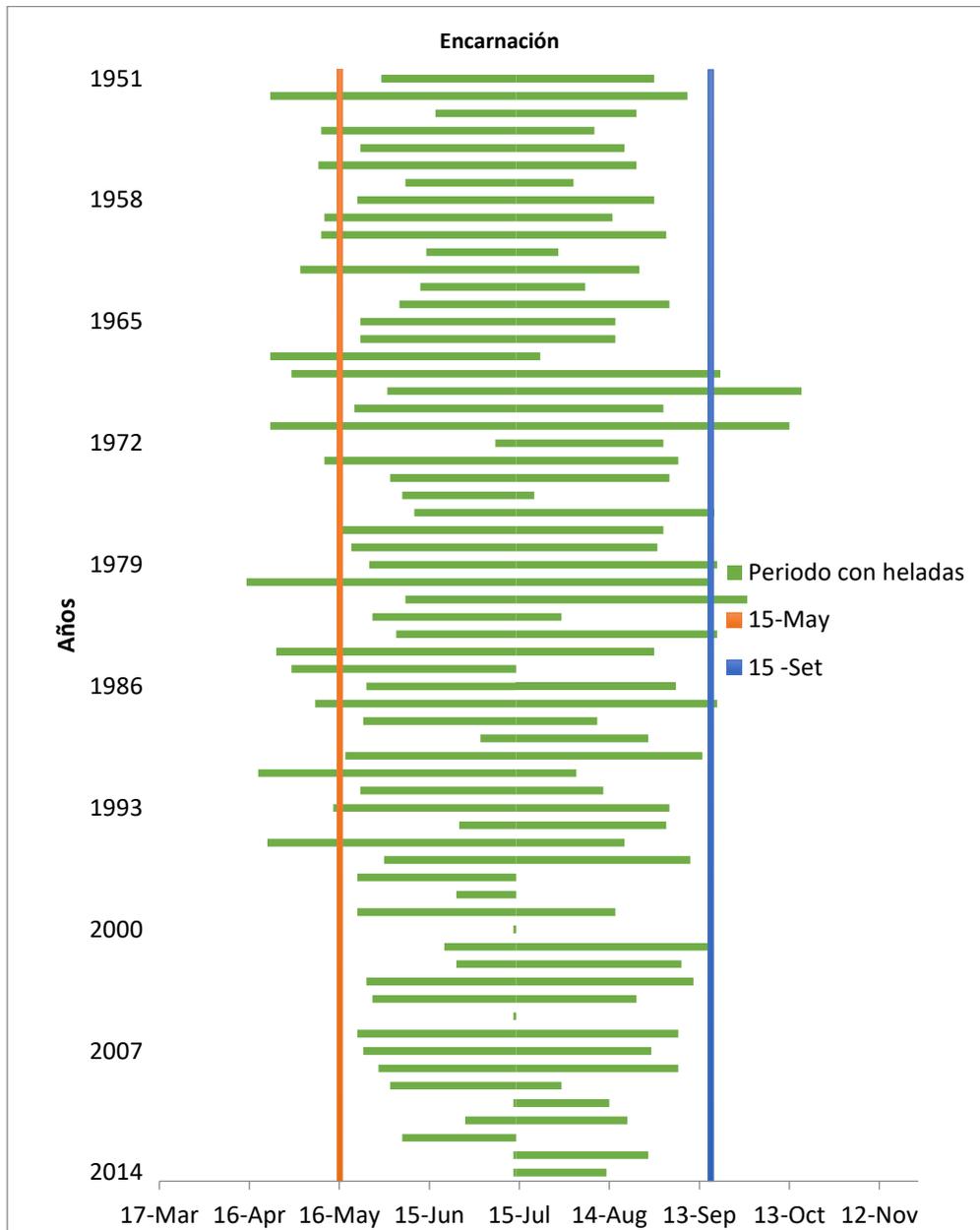
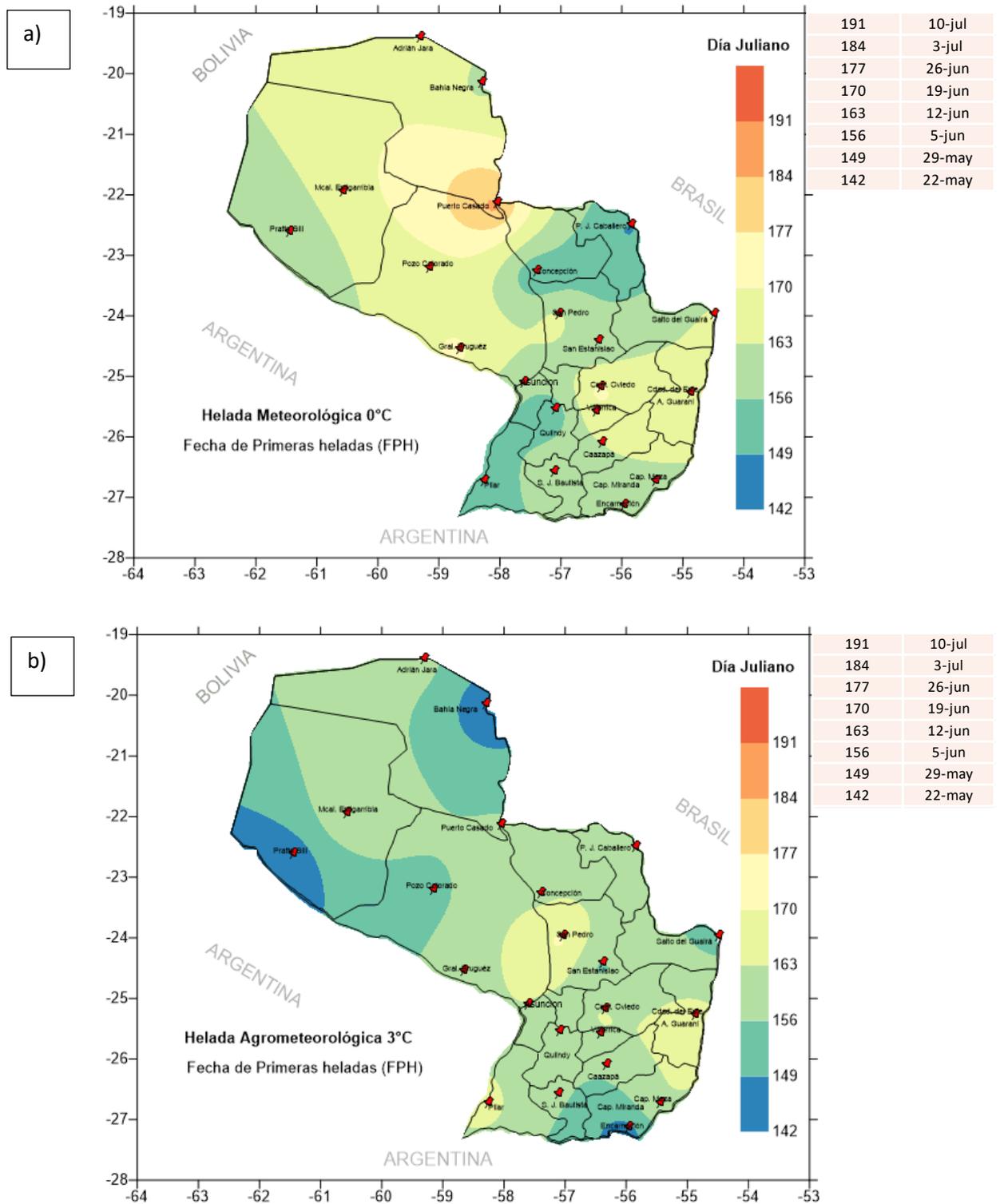


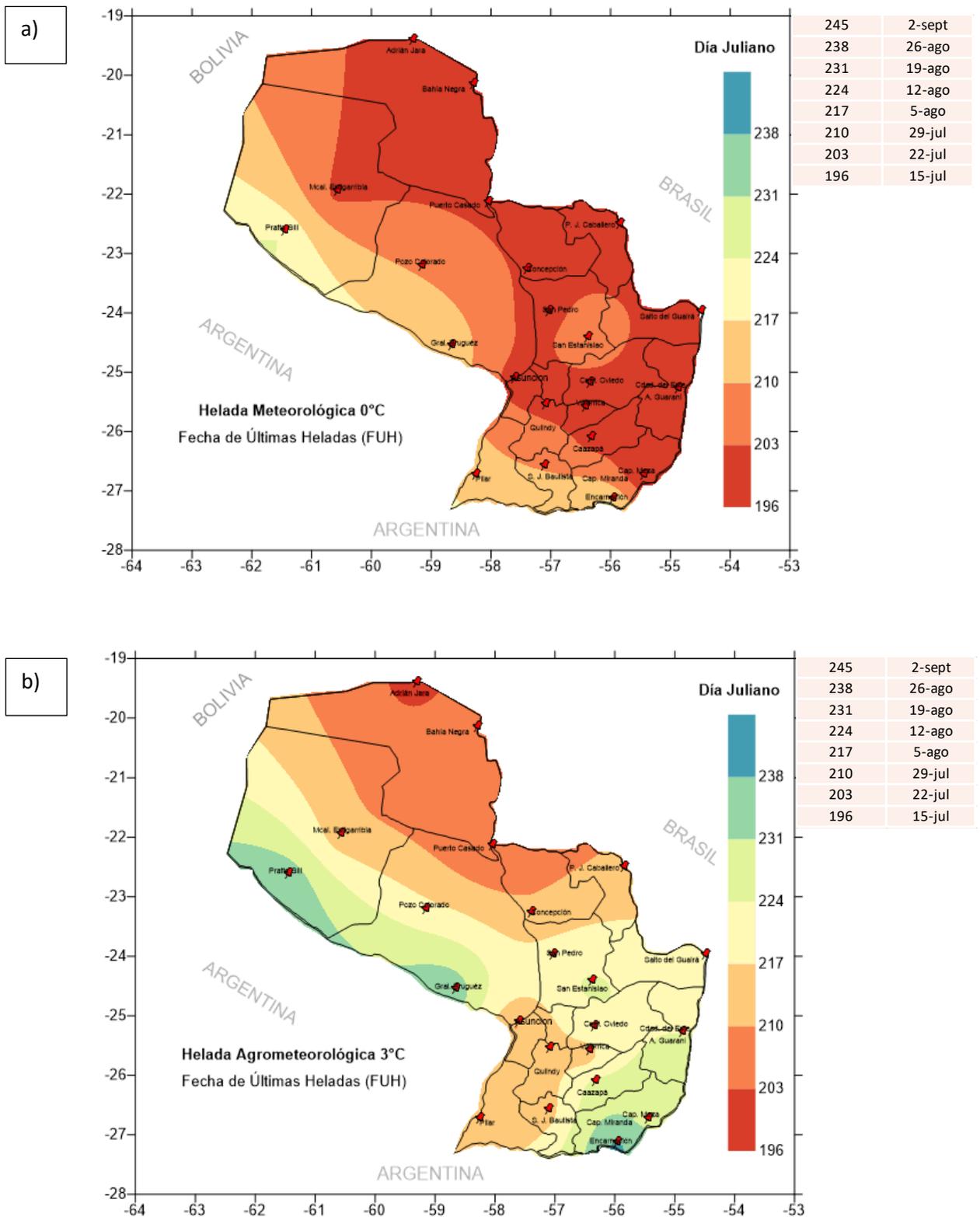
Figura 53: Evolución temporal del periodo con heladas agrometeorológicas (barras) en las distintas estaciones para Encarnación. Se grafican 2 líneas (15 de mayo y 15 de setiembre) como referencia visual.

Mapa de la distribución de fechas de primeras heladas (FPH), meteorológicas y agrometeorológicas



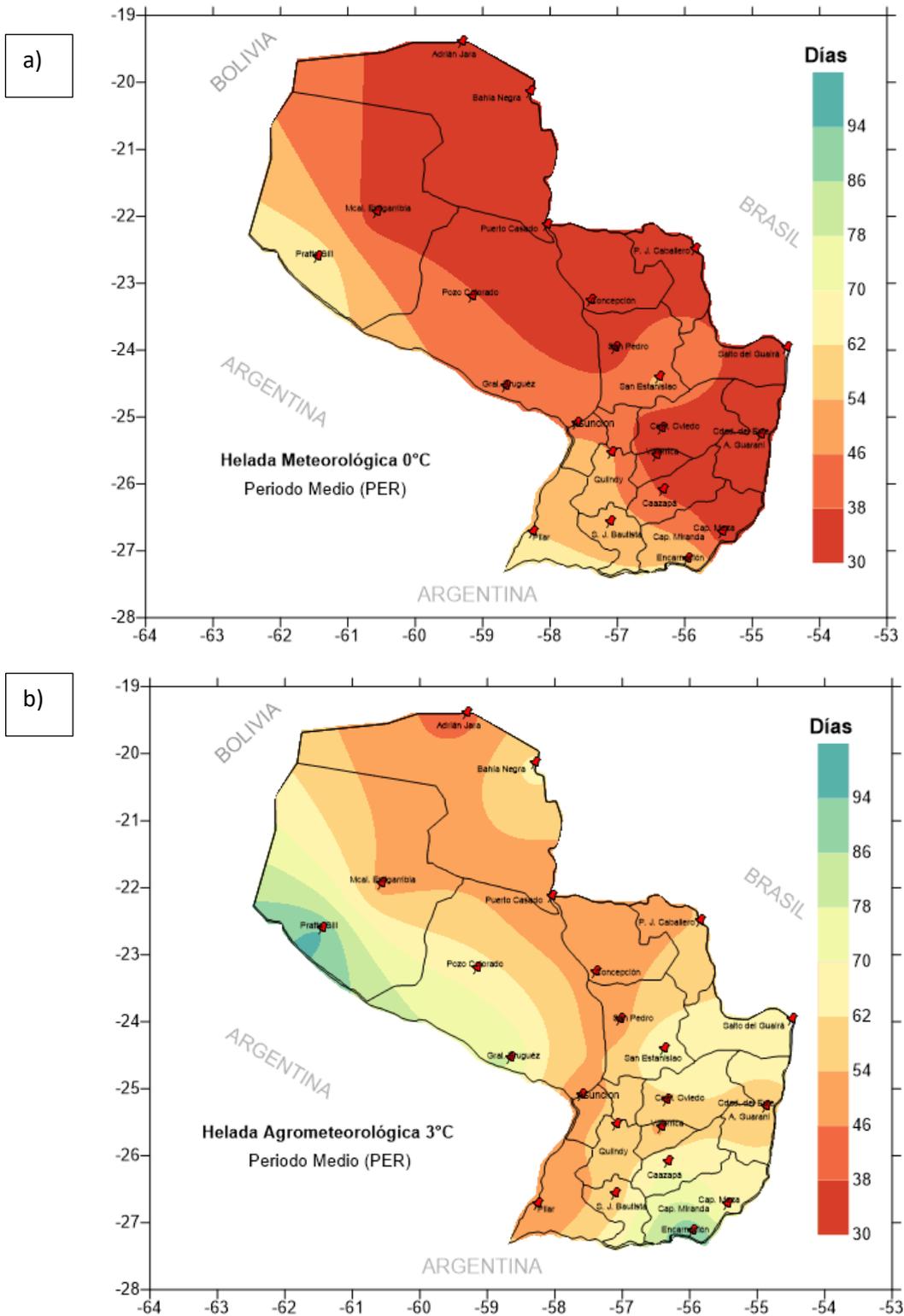
MAPA 1: Fecha de primera helada media con probabilidad del 50% de heladas (a) meteorológicas (FPH 0 °C) y (b) agrometeorológicas (FPH 3 °C)

Mapa de la distribución de fechas de últimas heladas (FUH), meteorológicas y agrometeorológicas



MAPA 2: Fecha de última helada medio con probabilidad del 50% de heladas (a) meteorológicas (FUH 0 °C) y (b) agrometeorológicas (FUH 3 °C)

Mapa de la distribución del período medio de heladas



MAPA 3: Período medio con heladas (a) meteorológicas (PER 0 °C) y (b) agrometeorológicas (PER 3 °C)



“Este Proyecto es financiado por el CONACYT a través del Programa PROCIENCIA con recursos del Fondo para la Excelencia de la Educación e Investigación – FEEI del FONACIDE”.