

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y GEOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA.



**Análisis espacio-temporal de la relación entre
crecimiento radial de *Araucaria araucana* y series
instrumentales de precipitación y temperatura en la
zona centro sur de Chile (36° – 39°S).**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFA

Memoristas:
Camila Eriz, Camila Contreras

Profesor Guía:
Ph.D. Alfonso Fernández

Universidad de Concepción, 2025

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a nuestro profesor guía, PhD Alfonso Fernandez, por su orientación académica, su permanente disposición y el rigor científico que aportó en cada etapa de esta investigación. Su acompañamiento fue fundamental para el desarrollo metodológico y analítico de este trabajo, así como para fortalecer nuestra formación investigativa.

Expresamos también nuestro reconocimiento al proyecto FONDECYT 11160454, cuyo apoyo financiero y técnico hizo posible la recopilación de datos, el acceso a infraestructura especializada y el desarrollo operativo de esta investigación.

Asimismo, agradecemos al equipo de Dendrocronología de la Universidad de Valparaíso por su colaboración, particularmente al profesor Ariel Muñoz, Isabella Aguilera y Karin Klock por su asesoría metodológica y disponibilidad para compartir conocimientos, herramientas y criterios fundamentales para la construcción y validación de las cronologías utilizadas en este estudio. Su aporte científico y humano constituye un pilar esencial para la consolidación del presente trabajo.

A todos quienes contribuyeron directa o indirectamente a esta investigación, nuestra más sincera gratitud.

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Área de estudio.....	14
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	17
2.1 Climatología, Tiempo Atmosférico y Clima.....	17
2.2 Elementos Climáticos: precipitación y temperatura.....	17
2.3 Dendrocronología y Dendroclimatología.....	19
2.4 Especie de estudio: Araucaria Araucana.....	21
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
3.1 Hipótesis.....	23
3.2 Objetivo General.....	23
3.3 Objetivos Específicos.....	23
4.	
METODOLOGÍA.....	24
4.1 Obtención de datos y series climáticas.....	24
4.2 Relleno de datos y construcción de series.....	26
4.3 Compilación de series de anillos de árboles.....	27
4.4 Correlación entre variables climáticas y crecimiento radial.....	29
4.5 Validación de la función respuesta crecimiento radial/serie instrumental.....	32
4.6 Cálculo de tendencias.....	32
4.7 Cálculo de Anomalías.....	34
5. RESULTADOS.....	34
5.1 Unidades de muestreo.....	34

5.2 Patrones espacio-temporales de correlaciones de crecimiento de anillo y precipitación.....	36
5.2.1 Cronología Sierra Nevada.....	36
5.2.2 Cronología Volcán Lanín.....	39
5.2.3 Cronología Captrén.....	42
5.2.4 Cronología Tolhuaca.....	45
5.3 Patrones espacio-temporales de correlaciones de crecimiento de anillo y temperatura.....	48
5.3.1 Cronología de Sierra Nevada.....	48
5.3.2 Cronología Volcán Lanín.....	50
5.3.3 Cronología Captrén.....	52
5.3.4 Cronología Tolhuaca.....	55
5.4 Análisis de tendencia en base a test Mann-Kendall.....	56
5.5 Análisis de Anomalías.....	59
6. DISCUSIÓN.....	62
7. CONCLUSIÓN.....	67
8. BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	80
Anexo 1. Rellenos de datos faltantes de temperatura.....	82
Anexo 2. Rellenos de datos faltantes de precipitación.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Área de Estudio.....	16
FIGURA 2. Imagenes de trabajo de campo.....	29
FIGURA 3. Correlaciones de precipitación con cronología Sierra Nevada.....	38
FIGURA 4. Correlaciones de precipitación con cronología V. Lanín.....	41
FIGURA 5. Correlaciones de precipitación con cronología Captrén.....	44
FIGURA 6. Correlaciones de precipitación con cronología Tolhuaca.....	46
FIGURA 7. Correlaciones de temperatura con cronología Sierra Nevada.....	48
FIGURA 8. Correlaciones de temperatura con cronología Volcán Lanín.....	50
FIGURA 9. Correlaciones de temperatura con cronología Captrén.....	53
FIGURA 10. Correlaciones de temperatura con cronología Tolhuaca.....	55
FIGURA 11. Anomalías de precipitación y cronologías.....	59
FIGURA 12. Anomalías de temperaturas y cronologías.....	60
FIGURA 13. Gráficos de dispersión e histogramas.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Estaciones meteorológicas y características.....	25
TABLA 2. Muestreo dendrocronológico y estadísticos descriptivos.....	27
TABLA 3. Representación de funciones de correlación.....	31
TABLA 4. Descripción de la significancia Test Mann-Kendall.....	33
TABLA 5. Resultados test de Mann Kendall.....	57

RESUMEN

La precipitación y la temperatura constituyen dos de las principales variables climáticas que regulan el crecimiento radial anual de *Araucaria araucana*, especie ampliamente estudiada mediante enfoques dendrocronológicos y dendroclimáticos debido a su longevidad, sensibilidad climática y relevancia ecológica. Estos estudios resultan fundamentales, ya que las respuestas de los árboles frente a los cambios ambientales permiten comprender la dinámica de los ecosistemas andinos y anticipar escenarios futuros bajo un contexto de cambio climático. El objetivo principal de esta investigación fue analizar y evaluar la correlación espacio-temporal entre el crecimiento radial de *A. araucana* y series instrumentales de temperatura y precipitación en la zona centro-sur de Chile. Para ello, se recopilaron, completaron y validaron estadísticamente registros climáticos provenientes de 35 estaciones ubicadas entre los 36° y 39° S, los cuales se correlacionaron con cuatro cronologías de la especie: Sierra Nevada, Captrén, Volcán Lanín y Tolhuaca.

Los resultados evidencian que la precipitación es un factor determinante para el crecimiento radial, destacando correlaciones positivas significativas tanto con la precipitación estival del mismo año como con la precipitación invernal acumulada del año anterior (lag-1). Estas diferencias sugieren mecanismos ecofisiológicos distintos entre sitios, relacionados con el uso inmediato del recurso hídrico o la dependencia de la recarga del suelo. En cuanto a la temperatura, predominó una respuesta negativa frente a los valores estivales del año actual y de años previos, lo que confirma que el calor excesivo actúa como un factor limitante para la actividad cambial, especialmente en ambientes donde la disponibilidad de agua es reducida. Asimismo, los análisis de tendencias muestran un aumento significativo de la temperatura y disminuciones moderadas en la precipitación, lo que se alinea con los patrones de estrés térmico e hídrico observados en las cronologías.

En conjunto, estos resultados confirman la sensibilidad climática de *A. araucana* y su valor como bioindicador en ecosistemas montañosos del sur de Chile, revelando respuestas diferenciadas según el sitio y evidenciando que la relación clima-crecimiento puede activarse o atenuarse dependiendo de umbrales fisiológicos específicos. Ello subraya la necesidad de continuar desarrollando estudios dendroclimáticos de alta resolución para comprender la vulnerabilidad de la especie frente a un escenario de calentamiento progresivo y cambios hidroclimáticos regionales.

Palabras clave: *Temperatura, precipitación, dendroclimatología, cambio climático.*

ABSTRACT

Precipitation and temperature are two of the primary climatic factors regulating the annual radial growth of *Araucaria araucana*, a long-lived and climate-sensitive conifer widely studied through dendrochronological and dendroclimatological approaches. Understanding the response of this species to environmental variability is essential for assessing ecosystem functioning in the Andean region and anticipating future climatic scenarios. The main objective of this study was to analyze and evaluate the spatio-temporal correlation between radial growth of *A. araucana* and instrumental climate records of temperature and precipitation in south-central Chile. To achieve this, climatic data from 35 meteorological stations located between 36° and 39° S were compiled, gap-filled, homogenized, and statistically validated, and subsequently correlated with four tree-ring chronologies from Sierra Nevada, Captrén, Volcán Lanín, and Tolhuaca.

Results indicate that precipitation is a key driver of radial growth, with significant positive correlations detected both for current-year summer precipitation and for winter precipitation from the previous year (lag-1). These patterns suggest distinct eco-physiological mechanisms among sites, ranging from immediate dependence on summer moisture to reliance on soil water recharge during winter. Temperature, in contrast, exhibited predominantly negative and significant correlations during the summer months of the current and preceding years, indicating that elevated temperatures act as a limiting factor for cambial activity, particularly under water-limited conditions. Trend analyses further revealed significant warming and moderate declines in precipitation, aligning with the observed growth reductions associated with thermal and hydric stress.

Overall, these findings confirm the climatic sensitivity of *A. araucana* and its value as a bioindicator in montane ecosystems of southern Chile, showing site-dependent responses and highlighting that climate–growth relationships may be activated or attenuated depending on specific physiological thresholds. This underscores the importance of continuing high-resolution dendroclimatic studies to better understand the vulnerability of this species in a context of progressive warming and shifting hydroclimatic regimes.

Key words: *Temperature, precipitation, dendroclimatology, climate change.*

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en el clima impulsados por el hombre han alcanzado en 2017 aproximadamente 1°C sobre el nivel preindustrial. Actualmente está aumentando a un ritmo de 0,2°C por década, debido a las emisiones pasadas y presentes de gases de efecto invernadero. Es probable que en las latitudes altas y en el océano pacífico ecuatorial, se experimente un aumento en la precipitación media anual entre el periodo de 2081 a 2100. Dentro del mismo periodo, es probable que la precipitación media anual disminuya en muchas regiones áridas de latitudes medias y subtropicales. Dichos episodios serán más intensos, frecuentes y en algunos casos extremos en la mayoría de las masas terrestres de latitud media y en las regiones tropicales húmedas. Por lo tanto, dichos cambios e impactos del cambio climático no serán uniformes en todo el planeta, estos variarán de región a región según la latitud y condición geográfica (IPCC 2017, CR2 2019).

Los Andes en Sudamérica, por ejemplo, es la región con mayor biodiversidad de todo el mundo, y algunas de las áreas urbanas más grandes de América del Sur se encuentran dentro de esta región. Por lo tanto, los ecosistemas y la población humana se verán afectados por los cambios hidroclimáticos reportados a escala global, regional y local (Arias et al., 2020).

En esta línea, uno de los países afectados en la zona de Los Andes será Chile, donde el régimen anual entre 37° y 43°S se observa una disminución en la cantidad de precipitación desde los años 50 y un decrecimiento en la frecuencia e intensidad de esta hasta los años 90 (Quintana y Aceituno, 2011). Por otra parte, Garreaud (2011) documenta que desde 1980 en adelante, existe un calentamiento general en la zona de los valles centrales y la Cordillera de los Andes, que llega a los 0,25°C anuales, y que contrasta con un enfriamiento paulatino en el sector costero y del océano, que alcanza los -0,15°C anuales. Un poco más al sur, en Los Andes extratropicales (37°S), se observó que el siglo XX fue más cálido que el siglo XIX, registrando las temperaturas más altas de los últimos 200 años desde mediados de 1970 (Lavergne et al., 2018). De igual forma, hacia el año 2010 se ha observado una disminución estadísticamente significativa de las precipitaciones en la zona centro-sur de Chile (Quintana y Aceituno, 2012; Schulz et al., 2011).

Respecto a las proyecciones futuras, Masiokas et al. (2006) ; Rusticucci et al. (2014) y Saavedra et al. (2018) reportaron una tendencia sostenida de calentamiento a ambos lados de los Andes subtropicales (27°S-37°S), especialmente a escala anual y durante la estación cálida en Chile central.

Los dos forzantes climáticos que principalmente se asocian a la variabilidad en la zona centro sur de Chile, son El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Antártica (AAO), (Aceituno, 1988). Así es como se observa una tendencia positiva en el AAO a partir de 1950, la cual se caracteriza por disminución en las precipitaciones y aumento en las temperaturas (Villalba et al., 2012), las cuales a su vez afectan a procesos hidrológicos y dendroclimatológicos en la zona andino-patagónica (Lara et al., 2008; Christie et al., 2011; Holz & Veblen, 2011; Villalba et al., 2012; Álvarez et al., 2015).

Otros estudios demuestran una disminución de la precipitación desde 1970 asociada en parte a la variabilidad de la Oscilación Decadal del Pacífico la cual determina tendencias de precipitación o de sequía a largo plazo en el sudeste del Pacífico y la zona central de Chile (Boisier et al., 2016).

En este sentido, las zonas de alta montaña como Los Andes se verán afectadas a un ritmo más rápido que otros hábitats terrestres, (Díaz et al. 2003). Esto, porque se encuentran expuestos a condiciones físicas extremas, impactando directamente a la vegetación que vive al límite de sus capacidades fisiológicas. Lo que hace que sean muy sensibles a cambios climáticos, y por ello, también buenos indicadores ambientales. Por lo tanto, es aquí donde se identifican mejor los cambios de tendencia en la evolución de las temperaturas y cambios en los parámetros meteorológicos (Jungo y Beniston, 2001).

En esta línea, se ha descubierto que la vegetación de alta montaña, específicamente la arbórea, ha resultado especialmente sensible a cambios o perturbaciones externas, logrando registrar en sus anillos de crecimiento información climática de alta resolución, puesto que está demostrado, que los anillos de crecimiento de las plantas leñosas son un efectivo indicador biológico de las condiciones ambientales que inciden sobre el crecimiento de las plantas, particularmente el clima (Fritts, 1976). Y logran exceder incluso con creces, los períodos cubiertos por los registros instrumentales realizados por el hombre, que por lo demás, con frecuencia son cortos, fragmentados y poco homogéneos (Luckman 1996, Villalba 2000).

Pero el cambio climático no solo afecta a la vegetación de alta montaña. En los últimos años, se han comprobado cambios en el ciclo vital de los polinizadores, invasión de plantas exóticas, migraciones de la fauna autóctona, cambios en el patrón hidrológico, disminución de glaciares, etc. (UNESCO, 2017). Esto configura una amenaza para los servicios ecosistémicos que estas presentan, ya que pueden tener efectos directos sobre los recursos hídricos y las poblaciones que dependen de ellos, considerando que más del 50% de la población mundial depende directa o indirectamente de estos ecosistemas. De esta manera,

las regiones de montaña constituyen espacios de diversidad, pero también de vulnerabilidad, marginalidad y aislamiento.

Es así, como la dendroclimatología surge como una disciplina que ha permitido generar importantes reconstrucciones climáticas, con fuerte énfasis en los ecosistemas ubicados en el límite altitudinal arbóreo en ambos hemisferios, demostrando su efectividad como fuente de registros de los cambios climáticos del pasado (Lara et al., 2005; Boninsegna, 2009). El clima es uno de los factores de mayor incidencia en la estructura y características de la vegetación (Donoso, 1994), siendo así la dendroclimatología la que establece la relación que existe en un periodo determinado entre el crecimiento de los anillos de los árboles y dichas variaciones climáticas, permitiendo comparar datos del clima pasado con los actuales (Glock, 1955; Fritts, 1976; Cook y Kairiukstis, 1990).

La cordillera de los Andes constituye la región más rica en registros paleoambientales de alta resolución de América del Sur y posiblemente de todo el hemisferio Sur (Villalba et al., 2009). La mayoría de los registros paleoambientales de alta resolución disponibles en los Andes cubren los últimos 200 a 500 años, pero algunos superan los 2000 años (Lara y Villalba, 1993).

Las zonas montañosas toman mayor importancia que otros lugares para comprender la red de complejos cambios y procesos físicos determinados principalmente por la dependencia de las variables climáticas a la elevación (Pepin et al., 2022). Desde luego, para poder entender estos cambios climáticos de manera cuantitativa, se necesitan bases de datos extensas, completas y confiables. Sin embargo, los principales problemas que suelen limitar la cantidad, calidad y representatividad espacial de los datos, es la relativa inaccesibilidad e inhóspito del terreno montañoso, como también la gran cantidad de datos y la complejidad de los procesos físicos que se encuentran en alta montaña, determina gran parte de la variabilidad espacial en las condiciones ambientales y los procesos típicos de estos entornos. Y, por último, los fondos y las capacidades técnicas limitadas que representan restricciones adicionales en muchas regiones (Thornton et al., 2021).

De acuerdo con Villalba et al. (2006), el crecimiento regional de *Araucaria araucana* se relaciona negativamente con las temperaturas del verano anterior y positivamente con las temperaturas de primavera, lo que evidencia la sensibilidad de la especie frente a las variaciones térmicas dentro de un rango estrecho de crecimiento.

La caracterización de la actividad cambial en poblaciones de *Araucaria* enfrenta desafíos críticos debido a la subrepresentación estructural de los ambientes de montaña en estaciones de monitoreo, con un déficit de datos que supera el 80% por sobre los 3.000 msnm (Harden & Fernández, 2022). Esta situación, particularmente grave en los Andes,

limita la precisión de los gradientes térmicos y la validación de modelos climáticos debido a la disparidad operativa y técnica de las estaciones (Condón et al., 2020).

Ante la escasa cobertura de datos instrumentales en los Andes chilenos (Kapos et al., 2000; Thornton et al., 2022), los archivos naturales de alta resolución, como la dendrocronología, se consolidan como herramientas indispensables para reconstruir la variabilidad climática histórica (Frontiers in Earth Science, 2020). El estudio de estas señales es vital para complementar la red instrumental deficiente y mejorar la interpretación de procesos hidroclimáticos en zonas de alta montaña.

Para el caso de Chile, específicamente la zona centro sur, se encontraron correlaciones significativas entre poblaciones de *Araucaria araucana* (Mol.C.Koch) con algunas variables climáticas como precipitación y temperatura (González y Veblen 2006, Muñoz et al. 2014). Este trabajo tiene como finalidad contribuir al conocimiento medioambiental mediante la reconstrucción de datos faltantes en 35 estaciones meteorológicas ubicadas en la zona centro-sur de Chile. Para ello, se desarrolló un análisis exploratorio orientado a evaluar posibles relaciones estadísticas entre esos registros instrumentales y cronologías de *Araucaria araucana* disponibles en la región de estudio. El propósito es determinar la capacidad de dichas cronologías para reproducir datos climáticos y, en el futuro, generar reconstrucciones históricas que aporten información valiosa para comprender con mayor profundidad los fenómenos climáticos, tanto pasados como actuales.

1.1. Área de estudio

El área de estudio corresponde a la zona centro sur de Chile, la cual se distribuye dentro de 3 regiones administrativas: Ñuble, Biobío y Araucanía, donde se trabajó con 35 sitios de estaciones meteorológicas, distribuidas desde el paralelo 36°37' S (norte de la región del Ñuble), hasta el paralelo 39°37' S (sur de la región de la Araucanía). Se trabajó también con 4 sitios de muestreo dendrocronológico de la especie *Araucaria araucana*, distribuidos todos dentro de la región de la Araucanía. La primera muestra, Tolhuaca ubicada dentro del Parque Nacional del mismo nombre (38°12"S y 71°47"O), la segunda Sierra Nevada, ubicada a los pies del Volcán S. Nevada (38°35"S y 71°32"O), la tercera Captrén ubicada en el Parque Nacional Conguillío (38°39"S y 71°41"O), y por último V. Lanín, ubicada a los

pies del Volcán Lanín (38°35"S y 71°31"O). El área abarca una superficie total de 68.926,7 km². (Figura 1).

La zona de estudio presenta una notoria transición entre el clima templado seco (Csb) en la zona centro sur (Ñuble y Biobío), cambiando a un clima templado lluvioso (Csf) al sur del río Biobío (Araucanía). Esto se traduce mediante la clasificación climática de Koppen-Geiger (Csb) como veranos secos y frescos, donde el mes más cálido tiene una T.M. inferior a los 22°C y al menos 5 meses con una T.M. superior a los 10°C, teniendo así la mayor parte de la precipitación durante los meses de invierno. Hacia el sur del área de estudio la transición de clima (Cfc) se diferencia por mayor presencia de precipitaciones distribuidas a lo largo de todo el año, sin una estación seca muy definida. Dichos climas están condicionados por la influencia tanto del Océano Pacífico como de la Cordillera de los Andes. La extensión meridional de los andes y sus altas elevaciones montañosas modulan la circulación atmosférica actuando como una barrera, bloqueando las masas de aire húmedo del Pacífico, generando diferencias de clima entre la costa y el interior del continente, mitigando también así las variaciones extremas de temperatura y alterando los sistemas frontales de precipitaciones de los ciclones extratropicales que provienen desde el sur del Océano Pacífico (Falvet y Garreaud, 2005; Smith y Evans, 2007; Garreaud et al., 2013).

Dentro de la Región de Ñuble, la franja costera y ladera occidental de la cordillera de la costa presenta un clima templado cálido, con lluvias invernales y gran humedad atmosférica, con estaciones secas de 5 a 4 meses y precipitaciones que aumentan hacia el sur. Más hacia el interior, las condiciones climáticas son afectadas por una mayor continentalidad contrastando aún más la temperatura, siendo así los veranos muy calurosos y los inviernos muy fríos. Predomina el clima templado cálido con lluvias invernales y en la cordillera de los Andes por sobre los 1.500m de altura se desarrolla el clima frío de altura (tundra de lluvia invernal) de abundantes precipitaciones y bajas temperaturas permitiendo presencia de nieve en altas cumbres.

En la Región del Biobío predomina un clima más bien mediterráneo, con gran humedad y precipitaciones. En la franja costera se caracteriza el clima templado cálido con gran humedad atmosférica y lluvias invernales (precipitaciones anuales que superan los 1.000 mm). Hacia el interior el clima templado costero húmedo posee también temperaturas menos extremas donde las precipitaciones alcanzan 1.330mm anuales con un período seco de 4 meses. Hacia el interior cordillera andina predomina el efecto climático de frío de tundra por

altura, acompañado de bajas temperaturas que permiten la presencia de nieves permanentes en altas montañas. (Pladeco Chillán 2015; Sarricolea et. al. 2017).

Siguiendo hacia el Sur, la región de la Araucanía se caracteriza por el efecto orográfico que producen las montañas costeras de Nahuelbuta a los 37°S, atrapando los vientos húmedos costeros, aumentando los meses secos, haciendo que las lluvias del lado del sotavento sean variables y en menor cantidad, dejando un clima templado oceánico lluvioso costero con abundante humedad relativa. La cordillera de Nahuelbuta presenta una estación lluviosa extendida desde principio de otoño a fines de primavera, presentando inestabilidades climáticas que producen importantes sistemas frontales de precipitación durante los meses de otoño e invierno de unos 3000.mm/año, en cuanto a la temperatura, varía entre los -1°C en invierno y 9°C en verano (Garreaud et al., 2016).

La Cordillera de los Andes, por su parte, predomina el clima frío de altura, en donde las precipitaciones anuales varían entre los 1.500 y 3.000mm con precipitaciones sólidas de altura (1.500msnm). Su temperatura alcanza los -10°C en invierno y los 30°C en los meses estivales (BCN 2019; González et al. 2013, Donoso 2013).

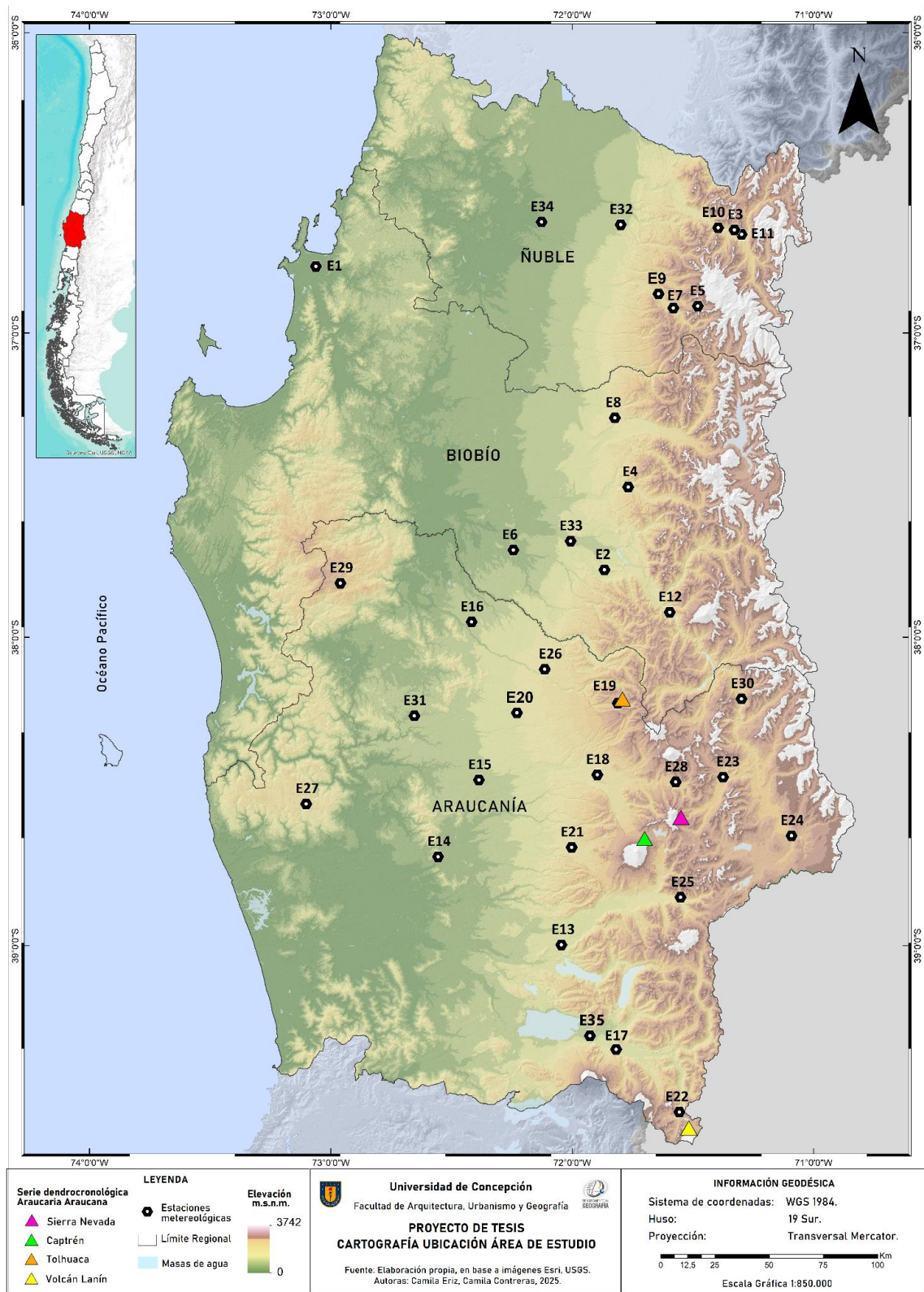


Figura 1: Área de estudio zona centro sur de Chile (36°00'; 39°37'), distribución geográfica de las 32 estaciones meteorológicas con letra E y localización de series dendrocronológicas de Araucaria araucana con triángulo: Sierra Nevada (fucsia), Captrén (verde limón), Tolhuaca (naranja), Volcán Lanín (amarillo). Fuente: Elaboración propia.

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Climatología, Tiempo Atmosférico y Clima

El clima se suele definir como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período promedio habitual es de 30 años según la OMM (IPCC, 2018). En este sentido el tiempo atmosférico se define como “el estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos” (OMM, 2018) Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (temperatura, precipitación o viento). En términos generales, es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos. La ciencia encargada de estudiar el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo es la climatología (OMM, 2018).

Sin embargo, en algunos casos surge la imposibilidad de obtener datos y conocimiento precisos que permita caracterizar la variabilidad y fluctuación climática del pasado, debido a la falta de registros meteorológicos largos o completos (Bradley y Jones 1992).

Así es como existe la posibilidad de estudiar el clima antes de la existencia de datos instrumentales, mediante registros indirectos o sustitutos del clima llamados proxies, uno de estos son los anillos de crecimientos de los árboles, los cuales proveen registros climáticos largos que ayudan a caracterizar apropiadamente la variabilidad climática a diferentes escalas espaciales y temporales. (Mesa et al. 1997; Bradley 1999; Lara et al., 1999).

2.2. Elementos Climáticos: precipitación y temperatura

La precipitación y temperatura tienen un impacto directo en el crecimiento individual, reclutamiento y mortalidad de las especies arbóreas (Pederson 1998; Lloyd y Fastie 2002; Körner y Paulsen 2004; Villalba et al. 2005). Así es como los registros meteorológicos de precipitación y temperatura son imprescindibles en el estudio de la dendroclimatología al ser representativos de las variaciones climáticas a nivel local o regional y para reconstruir variaciones climáticas del pasado, al comparar series climáticas (anuales o estacionales de PP y T°) con variaciones anuales en el ancho de los anillos de crecimiento, estableciendo correlaciones que pueden llegar a establecer cuáles son los parámetros climáticos que

regulan el crecimiento de los árboles de una región (Fritz, 1976; Blasing et al., 1984; Lara et al., 1996).

Variaciones en el régimen de precipitaciones y aumento de la temperatura terrestre son los principales cambios a nivel global (IPCC, 2007). Algunas de las principales señales de la implicancia del cambio climático en el clima en Chile, son la temperatura máxima y el déficit de lluvias. La precipitación total anual en el país está disminuyendo a razón de un 3% por década durante los últimos 60 años, tendencia que se incrementa a -7 % por década al considerar los últimos 40 años. En cuanto a la temperatura media en Chile, se ha observado en los últimos años un sostenido aumento con tendencia lineal de +0.14°C por década en el periodo comprendido entre 1961-2020 (Dirección Meteorológica de Chile, 2021).

Estos cambios se relacionan con la capacidad y necesidad de evaluar la respuesta de árboles y bosques frente a estas nuevas condiciones ambientales, debido a su alta acumulación de biomasa y a las dimensiones de los árboles, los bosques tienen una considerable influencia en los intercambios de energía entre la atmósfera y el suelo, actuando la cubierta vegetal sobre el comportamiento de la radiación solar, las precipitaciones, la humedad atmosférica, la temperatura del aire, el viento y la capacidad evaporativa del aire (Aussenac 1997, Barnes et al. 1998, Geiger et al. 2003).

Dentro del área de estudio de esta investigación existen marcadas variaciones estacionales que determinan la formación de anillos de crecimiento anuales (Boninsegna et al. 2009). La estacionalidad de la temperatura y la precipitación está fuertemente controlada por las variaciones del anticiclón del sudeste del Pacífico. Durante los veranos, una celda de alta presión se posiciona a lo largo de la costa oeste de Chile entre los 40° y 45° latitud sur, impidiendo el ingreso de masas de aire húmedo al continente, y en el invierno esta celda se desplaza hacia el norte (35° y 40°S) posibilitando el ingreso de los “vientos del oeste” que provocan altas precipitaciones. (Taljaard, 1972; Schwerdtfeger, 1976; Pittock, 1980; Aceituno, 1988)

2.3. Dendrocronología y Dendroclimatología

La dendrocronología es la ciencia que estudia la datación de los anillos de crecimiento de especies arbóreas, el tiempo de formación y su relación con las condiciones medioambientales pasadas de un sitio. Así mismo, muchos fenómenos naturales se entienden mejor desde su pasado, por ello la dendrocronología es una herramienta útil en climatología (Fritts 1976; Kaennel & Schweingruber 1995; Robertson 2008).

Los anillos de los árboles constituyen uno de los datos proxies de mayor relevancia debido a tener una resolución anual e involucrar escalas temporales que son aptas para el estudio de los cambios ambientales presentes y pasados (Lara y Villalba, 1993). Estos anillos son bandas de células producidas por el cambio vascular de plantas leñosas durante un periodo anual (Kaennel & Schweingruber, 1995). Dicho proceso entrega información sobre variaciones anuales e interanuales del clima, como años húmedos/secos o calurosos/fríos, condiciones climáticas favorables indican anillos de árboles anchos (años con abundante agua y calor) y condiciones contrarias generan anillos delgados (Fritts, 1976).

El proceso más importante en dendrocronología se denomina “crossdating” (datación cruzada o cofechado), el cual hace coincidir patrones de anillos de árboles que crecieron en una misma época, en un mismo sitio y bajo las mismas condiciones medioambientales, suponiendo así que los factores ambientales afectan el crecimiento de todos los árboles de un sitio en forma similar. En conclusión, una correcta sincronización de los anillos de crecimiento deriva en una adecuada datación de estos (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Kaennel & Schweingruber, 1995; Luckman, 2007).

De acuerdo con el principio que afirma que los árboles son más sensibles a las variables ambientales (precipitación, temperatura) si se encuentran en los límites de su amplitud ecológica (Fritts, 1976), la dendrocronología ha permitido generar importantes reconstrucciones climáticas con fuerte énfasis en los ecosistemas ubicados en el límite altitudinal arbóreo en ambos hemisferios, demostrando su efectividad como fuente de registros de los cambios climáticos del pasado (Lara et al. 2005; Boninsegna et al. 2009).

De este modo, la dendroclimatología es la ciencia que trata de obtener información climática a partir del estudio de los anillos de crecimiento anual de los árboles, mediante una serie de procesos de laboratorio, las series de anillo pasan por estudios de estandarización estadística y técnicas de series temporales para obtener señales climáticas y eliminar o separar otras posibles influencias externas no climáticas como el envejecimiento propio de los árboles, entre otras (Cook et al., 1990). Posteriormente obtenidas las cronologías es posible realizar reconstrucciones de parámetros climáticos utilizando técnicas de series temporales. (Fritts,

1976; Cerano et al., 2009). Entre las variables climáticas que pueden ser reconstruidas mediante métodos dendrocronológicos se encuentran la temperatura, la precipitación y la radiación solar, junto con indicadores derivados asociados a la disponibilidad hídrica o al estrés térmico de los árboles (Fritts, 1976; Cook & Kairiukstis, 1990). La dendroclimatología ha permitido, además, identificar y reconstruir modos de variabilidad climática de gran escala, tales como El Niño–Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), debido a su marcada influencia sobre los regímenes de precipitación, temperatura y disponibilidad de agua en diversos ecosistemas forestales (Villalba, 1994; Stahle et al., 1998; D'Arrigo et al., 2005). Incluso estudios recientes han empleado cronologías dendroclimáticas para reconstruir variables climáticas complejas, como la isoterma cero, a fin de comprender con mayor precisión la dinámica térmica en zonas de montaña, donde pequeños cambios en la temperatura pueden modificar la acumulación y el derretimiento de nieve (Pederson et al., 2011; Luckman & Kavanagh, 2000). Un ejemplo de ello es el trabajo de Suazo (2023), quien desarrolló un modelo preliminar de reconstrucción de la isoterma cero a partir de anillos de crecimiento en bosques templados del norte de México, demostrando el potencial de estas técnicas para ampliar el entendimiento de los procesos hidroclimáticos en ambientes de alta complejidad.

De esa manera los indicadores paleoambientales, tales como los anillos de crecimiento de las plantas leñosas proveen información climática de alta resolución, siendo un efectivo indicador biológico, excediendo con creces los períodos cubiertos por los registros instrumentales realizados por el hombre (registros meteorológicos), que con frecuencia son cortos, fragmentados y poco homogéneos (Luckman, 1996; Villalba, 2000). Algunos estudios ecofisiológicos demuestran la relación ambiente-crecimiento y sugieren que ésta puede ser dependiente de la edad y del sexo (Rozas et al. 2009).

Las investigaciones dendrocronológicas en Chile a diferencia de otros países son relativamente nuevas, registrando los primeros estudios y cronologías de anillos en las regiones templadas del norte (p. ej., Schulman; Mundo et al. 2011; LaMarche et al., 1979; Roig y Villalba, 2008; Holmes et al. 1979). Las conclusiones generales de los estudios dendrocronológicos realizados en territorio chileno indican un fuerte sincronismo en el crecimiento de las especies con la variabilidad regional de la humedad anual anterior y actual, indicando una correlación negativa con la temperatura y una positiva con la precipitación (Veblen et al. 1995; Mundo et al. 2011). Según Roig (2000) y Morales et al. (2001), el crecimiento de las especies se acentúa a medida que se aumenta en altitud, siendo fuertemente afectado por la estacionalidad hídrica y térmica, lo cual conlleva a un

crecimiento de anillos anual altamente diferenciados en ambiente de alta montaña (Villalba et al. 1998).

Gracias al estudio dendrocronológico y de tendencias climáticas se proyecta que en las próximas décadas habría un mayor calentamiento regional y una reducción de las precipitaciones, las cuales afectarían tanto al funcionamiento del ecosistema e hidrología (Christie et al. 2010; Garreaud, 2009; Lara et al. 2008; Villalba et al. 1998).

2.4 Especie de estudio: *Araucaria Araucana*

Araucaria araucana (Molina) K. Koch (Pehuén), es una especie endémica y exclusiva de los bosques subantárticos de características lluvioso-templados de Sudamérica, alrededor del 97% de su población se encuentra en la Cordillera de los Andes en la Patagonia de Chile y Argentina, y el resto con presencia en la Cordillera de la costa de Nahuelbuta, Chile (Hechenleitner et al. 2005; Rodríguez et al, 1983; Veblen et al.1995). Siendo la primera en la cual su vertiente occidental conforma bosques desde los 800 hasta los 1.700 msnm, llegando a constituir en muchos casos el límite altitudinal de la vegetación arbórea en las regiones del Biobío y de la Araucanía (Serra, 1987).

Estudios realizados por investigadores chilenos, han determinado que esta es una de las especies más longevas del mundo, encontrando en los Andes al sur de Chile, en el Parque Nacional Conguillío, un ejemplar datado con 1.021 años, iniciando su cronología en el año 994 A.D. (Aguilera-Betti, et al. 2017).

Los suelos característicos de los bosques andinos de Araucarias están compuestos de rocas volcánicas andesitas, basálticas cuaternarias y depósitos de cenizas volcánicas post glaciares, de profundidad moderada a poco profundos, con buena permeabilidad y de poca evolución (Rivas et al., 2021). Los bosques de la Cordillera de Nahuelbuta se establecen en suelos profundos, de texturas arcillosas, desarrollados sobre materiales residuales metamórficos meteorizados, de drenaje rápido a moderado (Contreras et al. 2024), siendo suelos con mayores deposiciones de materia orgánica que los encontrados en la cordillera de los andes (CIREN, 2002).

Debido a que el clima es uno de los principales factores que determinan la estructura y composición de las comunidades vegetales (Overpeck, 2003), el cambio climático podría afectar de forma directa a la disminución del crecimiento de bosques (Flantua et al., 2025), siendo la sequía y las altas temperaturas los procesos negativos más presentes a tener en cuenta, debido a que las especies reducen su pérdida de evapotranspiración cerrando los

estomas de sus hojas, reduciendo a la vez su nivel de fotosíntesis y crecimiento. Cabe destacar que las altas temperaturas pueden por sí solas e independientemente de las precipitaciones, aumentar el estrés hídrico del bosque (Allen 2009).

Algunas de las respuestas más importantes al clima por parte de esta especie arbórea se encuentran en zonas de altitudes extremas, en las cuales se obtienen largos periodos con temperaturas bajo 0° o heladas durante la etapa de crecimiento, las cuales afectan a la fisiología de esta especie. La *Araucaria araucana* sería una de las especies más vulnerables a los cambios climáticos a futuro, en particular a la disminución de precipitaciones ya que la disponibilidad hídrica es vital para su crecimiento, desarrollo, regeneración y mantención (Donoso, 2015), considerando la evaporación potencial necesaria entre los 790 y 900 mm, y las precipitaciones requeridas entre 1300 y 1950 mm (CNR, 2000).

En general, las especies de araucaria analizadas en este estudio se desarrollan bajo un clima templado cálido, de época estival seca y época invernal rigurosa mayormente nivosa en los bosques de la alta cordillera andina.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que el cambio climático en Chile presenta una tendencia al aumento de temperatura y a una disminución en el régimen de precipitación, la sensibilidad de la especie *Araucaria araucana* podría ser testigo clave en este proceso, ya que son una excelente fuente de registros paleoambientales, por ser especies altamente sensibles a la variabilidad climática (Mundo et al., 2012; Scarpati et al., 2011; Villalba et al. 1997; Lara et al. 2005). También se han registrado aumentos en la frecuencia de ocurrencia de los eventos El Niño-Oscilación Sur (ENOS) durante las últimas décadas, acentuando condiciones más secas y cálidas en el hemisferio sur. (Morales et al., 2012)

Sin embargo, la falta de datos instrumentales o la discontinuidad intermensual, es la principal limitante a la hora de analizar y entender los cambios en el clima, es por eso, que el uso de reconstrucciones dendroclimatológicas es una solución para producir series significativas y confiables, que permitirán apoyar los estudios sobre el clima. De ahí que se hace necesario determinar las relaciones entre los registros instrumentales y los anillos de árboles.

3.1 Hipótesis

El crecimiento radial de *Araucaria araucana* presenta una señal del clima que entrega una consistente correlación espacio/temporal con las series instrumentales de temperatura y precipitación en la zona centro sur de Chile.

3.2 Objetivo General

Evaluar patrones espacio temporales de la correlación de registros instrumentales de precipitación y temperatura respecto a su influencia en el crecimiento radial de especies de *Araucaria araucana* localizados en la zona centro sur de Chile.

3.3 Objetivos Específicos:

1. Compilar, validar y analizar series de tiempo instrumentales de precipitación y temperatura.
2. Establecer relaciones estadísticas entre las series de datos instrumentales completas y las cronologías de *Araucaria araucana* validadas.
3. Determinar patrones espacio-temporales de las series instrumentales que se correlacionen significativamente con las cronologías.
4. Evaluar la capacidad de las cronologías de *Araucaria araucana* para reproducir las series de datos instrumentales.

4. METODOLOGÍA

4.1. Obtención de datos y series climáticas

Se utilizaron 35 estaciones meteorológicas (Tabla 1) localizadas dentro de la zona centro sur de Chile (Ñuble, Biobío, Araucanía). Se obtuvieron datos diarios de temperatura y precipitación procedentes de la plataforma virtual del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), los cuales posteriormente se promediaron obteniendo datos mensuales por cada año de las estaciones, recopilando un total de 20.135 registros meteorológicos mensuales.

Se descartaron para el análisis exploratorio final algunas de estas estaciones por poseer registros muy cortos o significativamente discontinuos (Rosenblüth et al., 1997). La longitud mínima de las series meteorológicas seleccionadas para el análisis de este estudio fue de 25 años.

Para la compilación y orden de los datos se utilizaron planillas de cálculo en excel obteniendo los promedios mensuales del periodo de tiempo de cada estación (ver anexos). Se elaboró una tabla con la información completa de cada serie meteorológica, con su correspondiente código de estación, tipo de variable, coordenadas, altitud, periodo y años totales, meses rellenados y el total de datos mensuales.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas y características (Estaciones meteorológicas con datos completados de temperatura y precipitación, su respectiva identificación (E), coordenadas de localización, altitud (m), periodo de tiempo y total de años que abarca la serie, meses y total de datos completados por el método de modelos de regresión múltiples. Las localizaciones “E” pueden verse en la figura 1. (*) estaciones poco confiables por poseer series con un periodo de tiempo menor a 25 años)

Estaciones	ID	Tipo	Coordenadas	Altitud (m)	Periodo	Total periodo años	Meses Completados	Total datos
Carriel Sur	E1	PP / T°	36°77"S, 73°06"O	12	950 - 2019 / 1966 - 2014	68 / 48	0 / 5	840 / 612
Cerro El Padre	E2	PP	37°77"S, 71°86"O	346	1959 - 2018	59	0	732
La Punilla	E3	PP	36°65"S, 71°32'O	840	1960 - 1986	26	6	324
San Lorenzo	E4	PP	36°92"S, 71°57"O	710	1960 - 1986	50	33	612
Las Trancas	E5	PP	36°91"S, 71°47"O	1.242	1962 - 2018	57	27	693
Mulchén	E6	PP	37°71"S, 72°24"O	142	1962 - 2018	58	11	696
Fundo Atacalco	E7	PP	36°91"S, 71°58"O	740	1963 - 2018	55	3	672
Trupán	E8	PP	37°28"S, 71°82"O	474	1963 - 2018	56	18	672
Diguillín	E9	PP / T°	36°86"S, 71°64"O	670	1980 - 2018 / 1980 - 2015	29 / 50	10 / 9	468 / 622
Caracol	E10	PP / T°	36°65"S, 71°29"O	610	1987 - 2018	31	10	384
Camán	E11	PP	36°67"S, 71°29"O	670	1992 - 2018	26	18	324
Embalse Pangue (*)	E12	PP	37°91"S, 71°59"O	512	2007 - 2019	12	18	156
Los Laureles	E13	PP	38°95"S, 72°20"O	260	1950 - 2018	68	20	840
Pueblo Nuevo	E14	PP	38°71"S, 72°55"O	119	1953 - 2018	66	25	804
Quillén	E15	PP	38°46"S, 72°38"O	285	1960 - 2018	58	12	720
Collipulli	E16	PP	37°95"S, 72°42"O	240	1962 - 2009	47	22	576
Llafenco	E17	PP	39°33"S, 71°80"O	360	1965 - 2018	53	21	660
Curacautín	E18	PP	38°44"S, 71°89"O	525	1980 - 2016	36	5	468
Laguna Malleco	E19	PP / T°	38°44"S, 71°89"O	894	1956 - 2018 / 1990 - 2015	63 / 25	60 / 16	756 / 312
Las Mercedes	E20	PP	38°24"S, 72°22"O	421	1986 - 2017	31	8	384
Cherquenco	E21	PP	38°68"S, 72°24"O	500	1987 - 2018	31	17	284
Puesto Aduana	E22	PP / T°	39°51"S, 71°54"O	620	1987 - 2017 / 1988 - 2015	30	26 / 25	384 / 307
Lonquimay	E23	PP / T°	38°45"S, 71°37"O	931	1987 - 2018 / 1991 - 2013	31 / 23	8 / 5	384 / 288
Liucura	E24	PP / T°	38°65"S, 71°09"O	1.043	1987 - 2018 / 1988 - 2014	31 / 26	17 / 20	284 / 335
Tricauco	E25	PP / T°	38°85"S, 71°55"O	520	1988 - 2018 / 1989 - 2018	30 / 26	19 / 24	372 / 320
Encimar Malleco	E26	PP	38°10"S, 72°11"O	520	1988 - 2018	30	17	372
La Cabaña	E27	PP	38°49"S, 72°24"O	625	1988 - 2018	30	19	352
Malcalhuello	E28	PP / T°	38°47"S, 71°57"O	950	1988 - 2018 / 1989 - 2015	30 / 26	14 / 6	372 / 320
Parque Nahuelbuta	E29	PP	37°82"S, 72°96"O	1.177	2002 - 2018	16	17	204
Río Biobío en Llanquén (*)	E30	PP	38°20"S, 71°29"O	767	2003 - 2019	16	16	204
Traiguén	E31	T°	38°25"S, 72°65"O	234	1980 - 2015	35	11	426
Coihueco	E32	T°	36°64"S, 71°50"O	314	1976 - 2012	36	7	441
Quilaco	E33	T°	37°68"S, 72°00"O	231	1965 - 2014	49	5	560
Chillán	E34	T°	36°58"S, 72°04"O	151	1966 - 2019	53	2	336
Pucón	E35	T°	39°27"S, 71°95"O	230	1986 - 2019	33	4	297

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CR2.

4.2 Relleno de datos y construcción de series.

Como resultado del procedimiento anterior, se obtuvo una base de datos con registros incompletos, aproximadamente un 2.99% del total de datos (20.135). Debido a que la falta de datos en aquellas estaciones corresponde a periodos promediados entre 18 a 24 meses (2 años) (ver tabla 4), y por lo general corresponden a registros discontinuos y con datos faltantes en fechas aleatorias, sin un patrón continuo, con varios meses faltantes al año o ninguno (ver anexos). De este modo se hizo factible rellenar esta información por medio de modelos de regresión lineal múltiple, que relacionan registros de estaciones cercanas a las faltantes, método ampliamente utilizado en el relleno de datos meteorológicos (Pizarro et al. 2009; Romero y Lavado-Casimiro, 2015; Trujillo et al. 2015).

Este método se realizó mediante la correlación de todas las estaciones para determinar cuáles eran las más semejantes entre sí, de este modo seleccionando las tres estaciones con mejores correlaciones, privilegiando las que tuvieran mayor cercanía con la cronología y realizar un análisis de regresión múltiple, que entregó el valor estimado faltante.

Una vez completados los datos faltantes, se construyeron series de precipitación acumulada anual de 12 meses (enero - diciembre), y estacional. La precipitación de verano fue considerada como la precipitación acumulada entre los meses de enero y febrero y la de invierno con los meses junio, julio y agosto. Mientras que para la temperatura se obtuvo el promedio anual (enero - diciembre), de verano (enero y febrero) y de invierno (Junio, julio y agosto).

Tener en cuenta que se definió el verano como el promedio de enero - febrero, en lugar del clásico trimestre diciembre-enero-febrero (DJF). En dendroclimatología es habitual definir ventanas estacionales “operacionales”, seleccionadas en función de la fuerza y coherencia del vínculo anillo-clima más que del calendario astronómico. (Arsalani et al., 2022; Büntgen et al., 2021; Breitenmoser et al., 2014)

En regiones de clima mediterráneo de Chile central y sur, diciembre se comporta como un mes de transición entre la primavera y el núcleo del verano seco, presentando todavía condiciones de humedad de suelo relativamente mayores y una señal climática menos marcada que en enero - febrero (Moser et al., 2018). Por ello, se optó por restringir la definición de “verano” a enero - febrero, que concentra el máximo de temperaturas y déficit hídrico, con el fin de evitar diluir la señal con un mes de transición y capturar de manera más directa el periodo de mayor estrés climático para el crecimiento radial.

4.3 Compilación de series de anillos de árboles.

Las series empleadas en este estudio provienen de muestreos desarrollados en la zona cordillerana de la Región de la Araucanía por varios grupos durante las recientes décadas. Se accedieron a 35 series de crecimiento del sector Sierra Nevada, 56 del Parque Nacional Villarrica (volcán Lanín), 33 del Parque Nacional Conguillío (Captrén), y 77 del Parque Nacional Tolhuaca (Tabla 2). Todas estas series fueron extraídas de muestras obtenidas sobre los 800 msnm, altura en la cual se desarrolla la especie (Donoso, et al. 2008). La selección de los sitios de árboles muestreados corresponde a lugares de altitud considerable de montañas y laderas, sobre los 1300 msnm, en los cuales la señal climática es máxima, a diferencia de árboles que crecen en elevaciones bajas, cerca del nivel freático, los cuales no formarían anillos sensibles al déficit hídrico sino anillos de anchura uniforme (Kaennel & Schweingruber 1995).

Tabla 2. Muestreo dendrocronológico y estadísticos descriptivos.

Nombre	Ubicación	Coordenadas	Altitud (m)	Periodo	Intercorrelación	n° muestras
Sierra Nevada	Sierra Nevada	38°35"S, 71°32"O	1.676	1900 - 2017	0,553	35
Captrén	Parque Nacional Conguillío	38°39"S, 71°41"O	1.486	1900 - 2014	0,607	33
Tolhuaca	Parque Nacional Tolhuaca	38°12"S, 71°47"O	1.370	1900 - 2007	0,434	76
Volcán Lanín	Parque Nacional Villarrica	38°35"S, 71°31"O	1.344	1900 - 2016	0,592	56

Fuente: Elaboración propia. (Serie dendrocronológica de Sierra Nevada fue utilizada y publicada en el siguiente artículo científico: Price, Stansell, Fernández, Muñoz, et al., 2022. Chlorine-36 Surface Exposure Dating of Late Holocene Moraines and Glacial Mass Balance Modeling, Monte Sierra Nevada, South-Central Chilean Andes (38°S).

Una vez en el laboratorio, las muestras fueron procesadas según los métodos descritos por Stokes y Smiley (1968). Los tarugos fueron pegados y montados sobre bases de madera y posteriormente pulidos con lijas al agua de diferente granulometría (de 180 a 1.500), hasta lograr distinguir claramente los anillos. Los tarugos pulidos se analizaron bajo lupa estereoscópica para realizar el conteo de los anillos.

Luego se midió el ancho de los anillos de crecimiento utilizando un dendrómetro Velmex conectado a un computador con una precisión de 0,001 mm (Robinson y Evans, 1980). Para las muestras de árboles vivos, se adoptó la convención de Schulman (1956), que asigna a cada anillo de crecimiento la fecha en que se dio inicio al crecimiento (primavera) para el hemisferio Sur.

Una vez generados los archivos digitales con las mediciones de los anillos se ingresaron al programa COFECHA, que permite comprobar y corregir el cofechado permitiendo detectar la presencia de anillos falsos o ausentes (Holmes, 1983). Las series de anillos correctamente fechadas fueron estandarizadas con la utilización del programa ARSTAN (Cook, 1985), el cual permite remover la tendencia en el crecimiento no atribuible a la variación climática (Fritts, 1976).

Como se observa en la Tabla 2, la intercorrelación entre las 4 series fue estadísticamente significativa, superando el parámetro establecido por el programa COFECHA, que establece como mínima correlación significativa entre muestras un r igual a 0,3281 ($p < 0,01$). Esto explica que dichas especies de *Araucaria araucana* poseen una buena sensibilidad a los cambios ambientales y presentan potencial para fines de reconstrucción de series paleoclimáticas (Holmes, 1983).

Las series de crecimiento estandarizadas fueron promediadas, obteniéndose una cronología media para cada uno de los sitios estudiados, constituyendo cada cronología una serie temporal que representa las variaciones anuales en el crecimiento radial de los árboles *Araucaria araucana* de los sitios muestreados.

Este procedimiento fue parcialmente ejecutado por las autoras, dirigido y ejecutado por el equipo del Laboratorio de Dendrocronología y Estudios Ambientales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.



Figura 2: Imágenes de trabajo de campo en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). a) Laboratorio de Dendrocronología y Estudios Ambientales de la Facultad de Ciencias del Mar y Geografía. b) Proceso pegado y montado de tarugos sobre bases de madera. c) Proceso de pulido con lija al agua de diferentes granulometrías. d) Tarugos pulidos listos para realizar el conteo de anillos bajo lupa estereoscópica.

4.4 Correlación entre variables climáticas y crecimiento radial.

Para determinar qué parámetros ambientales están influenciando el crecimiento de *Araucaria araucana*, se realizaron una serie de correlaciones entre las series de datos instrumentales (precipitación y temperatura) y las series dendrocronológicas. Se aplicó la técnica de extracción secuencial (leave-one-out) para obtener predictores estadísticos.

Luego, se correlacionaron cada una de las 35 estaciones completas de precipitación y temperatura junto a las cuatro cronologías de árboles (Sierra Nevada, Volcán Lanín, Tolhuaca y Captrén). Cada función se comparó a nivel anual y estacional. Para la comparación anual, se utilizó el promedio de un año completo (enero–diciembre), mientras que para el análisis estival se empleó el promedio de enero y febrero, debido a que estos meses concentran las condiciones más secas y cálidas del ciclo climático, representando de manera más consistente el periodo de mayor estrés hídrico para *Araucaria araucana* y otras coníferas de la región (Villalba et al., 2003; Lara et al., 2005). Diversos estudios señalan que

el uso del promedio estival breve centrado en los meses con mayor déficit hídrico mejora la sensibilidad climática del crecimiento radial y reduce el “ruido” asociado a transiciones estacionales más húmedas (Fritts, 1976; Cook & Kairiukstis, 1990). Asimismo, se priorizó esta definición para evitar ambigüedades en la asignación del año climático, ya que el verano austral ocurre al inicio del calendario (enero–febrero), lo que puede inducir errores de interpretación si no se distingue adecuadamente entre el año climático y el año de crecimiento (Schulman, 1956). Para el invierno, se utilizó el promedio de junio, julio y agosto, meses que representan de manera robusta la estación húmeda dominante en la zona centro-sur de Chile.

Posteriormente, se utilizó el método de función de correlación (Blasing et al. 1984), el cual consiste en correlacionar las variaciones anuales o interanuales del ancho de los anillos de crecimiento con las fluctuaciones climáticas anuales o interanuales mes a mes, dentro de un mismo periodo. Esto se calculó utilizando el programa RespoSum versión 6.00 (Holmes 1983). Se trata de un programa que se trabaja mediante hojas de cálculos de Excel, el cual viene previamente completado con los pasos a seguir y sus casillas numeradas para ingresar los datos de la serie instrumental y la serie dendrocronológica, cuyo propósito es el de identificar las relaciones entre cualquier variable aditiva y el crecimiento de los anillos de los árboles en una ventana temporal de meses mediante la selección del conjunto de datos en períodos móviles de 1 mes a 12 meses, permitiendo partir desde enero del año anterior (t-2).

Las correlaciones entre el ancho de los anillos y los datos climáticos se calcularon tanto para 12 meses, comenzando en enero de la estación de crecimiento previa y finalizando en diciembre de la estación de crecimiento actual. Lo mismo se realizó para el análisis con lag-2 años y lag-1 y 2 años con meses de verano/invierno.

Se probaron 9 tipos distintos de correlaciones, considerando desfases temporales de -2 (24 meses), -1 (12 meses), y 0 año (mismo año) (Fritts, 1976) (ver Tabla 3). En total se realizaron 630 combinaciones de correlación para la búsqueda de relaciones estadísticas.

Este método se valida debido a la premisa de que el crecimiento de los anillos puede estar influenciado por las condiciones climáticas previas a la formación de los anillos (Fritts 1976). Un modelo o función estadística tiene habilidad predictiva o de pronóstico (Sauchyn et al., 2015), que en este caso consideró hasta 1 y 2 años hacia atrás de datos climáticos. De este modo con las distintas pruebas de correlación se busca maximizar cualquier señal climática que se pueda obtener del árbol, así, una intercorrelación significativa demostraría que el

crecimiento radial está directamente relacionado con el entorno, disponibilidad de agua del suelo, humedad y/o temperatura.

Para este estudio se consideraron significativos únicamente los valores resultantes de las correlaciones que fuesen mayores que +/- 0,30 con un valor $p < 0,05$ (Fritts, 1999).

Tabla 3. Representación de funciones de correlación.

Función de Correlación	Representación (leave one out)
1.1	Relación con año de crecimiento
1.1v	Relación con promedio estacional verano de crecimiento.
1.1i	Relación con promedio estacional invierno de crecimiento.
lag-1	Relación con 1 año de lag-time o previo.
lag-1v	Relación con el promedio estacional de verano de 1 año previo.
lag-1i	Relación con promedio estacional invierno de 1 año previo.
lag-2	Relación con 2 año de lag-time o previo
lag-2v	Relación con promedio estacional verano de 2 año previo
lag-2i	Relación con promedio estacional invierno de 2 años previo.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Validación de la función respuesta crecimiento radial / serie instrumental.

Para corroborar y validar los resultados obtenidos mediante el método RespoSum, se utilizaron los softwares R Studio (versión 4.3.1) y el software de IBM SPSS statistics (versión 21), de los cuales se obtuvieron una serie de pruebas y parámetros estadísticos para evaluar la consistencia de los resultados. Entre ellos, correlación de Pearson (cor.test), o eilk, la distribución un caso en particular el coeficiente de correlación de Spearman, la prueba de normalidad o Shapiro-Wilk de t-Student y el coeficiente de determinación o R^2 . El cálculo de estos parámetros permite filtrar los resultados estadísticamente significativos, siendo R^2 , el cual prueba la proporción de varianza de las series con respecto a la línea de tendencia lineal y determina la calidad del modelo para replicar los resultados, indicando lo bien que los datos se ajustan al modelo estadístico (Fritts et al. 1990; Cufar et al. 2008). Finalmente, para los análisis posteriores de tendencia y anomalía se consideraron los resultados con mayor validación estadística. Para precipitación: Puesto Aduana - S. Nevada, Tricauco - V. Lanín, Las Mercedes - Captren,. Para temperatura: Tricauco - S. Nevada, Laguna Malleco - V. Lanín, Quilaco - Captrén, Chillán - Tolhuaca. (Ver figura 10 en anexos)

4.6 Cálculo de tendencias

Para evaluar la tendencia en las series de precipitación y temperatura a escala anual, mensual y estacional, se aplicaron regresiones lineales simples y el test no paramétrico de Mann-Kendall. Este último permite identificar componentes de variación abrupta o gradual —ya sean tendencias ascendentes o descendentes— y verificar la presencia o ausencia de anomalías dentro de las series analizadas. La prueba compara y ordena la información valor por valor, evaluando la monotonía del comportamiento temporal (Kendall, 1938; Wang et al., 2020).

La significancia estadística de la tendencia se determina mediante el estadístico Z. Valores $Z > 0$ indican tendencias crecientes y valores $Z < 0$ reflejan tendencias decrecientes. Para un nivel de significancia α , la hipótesis nula de ausencia de tendencia se rechaza cuando el valor absoluto del estadístico excede:

$$\frac{Z_{1-\alpha}}{2}. \quad \text{[Ecuación 2.]}$$

Complementariamente, para cuantificar la magnitud de la tendencia se estimó la pendiente de Sen, un estimador robusto basado en la mediana de todas las pendientes calculadas entre pares de observaciones. La pendiente de Sen se define como:

$$Q_i = x_j - x_i / j - i, \quad \text{para todo } j > i \quad \text{[Ecuación 3.]}$$

y la tendencia final corresponde a la mediana de todos los valores Q_i . Este método es insensible a valores atípicos y proporciona una estimación confiable del cambio por unidad de tiempo. En este trabajo, la pendiente de Sen se expresa principalmente por década, facilitando la interpretación de la magnitud física de los cambios observados en temperatura y precipitación.

En este trabajo se aplicó el nivel de significancia $\alpha = 0,05$. La Tabla 4 muestra los rangos en que el test muestra tendencias estadísticamente significativas.

Tabla 4. Descripción de la significancia de test Mann-Kendall.

Significancia	Simbología	Z
Sin tendencia	ST	0
Tendencia significativa creciente	TSC	$> + 1,96$
Tendencia significativa decreciente	TSD	$< - 1,96$
Tendencia no significativa creciente	TNSC	$< + 1,96$
Tendencia no significativa decreciente	TNSD	$> - 1,96$

Fuente: (Wang et al., 2020)

4.7 Cálculo de anomalías

Tanto a los periodos de precipitación y temperatura que mejor correlacionaron con las cronologías de ancho de anillo y destacaron estadísticamente, se les calculó la anomalía estandarizada (Ecuación 1), permitiendo observar la variación anual, haciendo comparables visualmente las distintas variables, resultando en una comparación directa (ver figura 10 y 11).

$$Z = \frac{(X_t - \bar{X})}{\sigma} \quad \text{[Ecuación 1.]}$$

Donde:

Z: Anomalía estandarizada o puntaje Z.

X: Valor de precipitación (mm) o temperatura (°C) / ancho de anillo de la cronología

\bar{X} : Media valores de precipitación o temperatura / ancho de anillo de la cronología

σ : Desviación estándar valores de precipitación o temperatura / ancho de anillo de la cronología

5. RESULTADOS

5.1. Unidades de muestreo

La Tabla 1 muestra los antecedentes generales de las estaciones meteorológicas seleccionadas, de un total de 35 registros de estaciones, 22 con datos correspondientes a precipitaciones mensual/anual y 13 para temperatura media mensual/anual, completando así un total de registros mensuales de 20.135.

En cuanto al relleno de datos de las estaciones, aquellas con un periodo de relleno superior a 1 año y medio (desde 19 a 33 meses) se encuentran la estación de San Lorenzo, Pueblo Nuevo, Las Trancas, Los Laureles, Collipulli, Llafenco, La Cabaña, Puesto Aduana, Trupán y Tricauco (t°). Estos datos faltantes de precipitación/temperatura corresponden a periodos mensuales discontinuos, faltando aproximadamente 1 a 3 registros mensuales por año aleatorio en cada serie meteorológica, pudiendo así reconstruir por medio de modelos de regresión lineal múltiple en base a los datos ya conocidos de las estaciones cercanas. Tricauco es la única estación que posee datos rellenos continuos dentro de 2 años (2001/2002 con 13 meses) (ver anexos).

Las estaciones que estuvieron dentro de un promedio de relleno mensuales entre aproximadamente 8 a 18 meses (1 año y 6 meses) con un orden discontinuo y disperso de registros faltantes fueron, Mulchén, Fundo Atacalco, Diguillin, Caracol, Caimán, Quillén, Laguna Malleco, Las Mercedes, Cherquenco, Liucura, Encimar Malleco, Malalcahuello y Traiguén.

Por otra parte, las estaciones con menos o ningún relleno de datos resultantes fueron Cerro el Padre y Carriel sur (PP) con 0 datos faltantes. Curacautín, Chillán, Pucón, Quilaco, Lonquimay (t°), La Punilla (p) y Coihueco (t°) con 2 hasta 8 meses con registros faltantes, al igual que con las estaciones anteriores, los datos rellenos corresponden a periodos de meses discontinuos aleatorios, que abarcan a lo más 3 datos mensuales faltantes en 1 año (ver anexos).

Las estaciones que destacaron en cuanto al periodo total de años completados fueron Carriel Sur (69), Los Laureles (68), Pueblo Nuevo (66), Cerro el Padre (59) y Quillén (58), las cuales se extienden desde el año 1950, 1953, 1959, 1960 respectivamente hasta 2018/2019.

Por el contrario, aquellas estaciones con el total de periodo en años más corto fueron Embalse Pangue (12), Parque Nahuelbuta (16), Río Biobío en Llanquén (16), extendiéndose

desde los años 2007, 2002, 2003 respectivamente hasta 2018/2019. Aun cuando de estas estaciones fueron obtenidos resultados mediante funciones estadísticas de correlación, estas no fueron significativas para la investigación por no alcanzar los años mínimos (25 años) para considerarse correlaciones confiables dentro de los parámetros de estudios climáticos (Pizarro et al. 2009).

La altura promedio de las estaciones meteorológicas seleccionadas es de 441m, siendo las estaciones con mayor altitud Las Trancas (1.242m), Liucura (1.043m), Malalcahuello (950m), Lonquimay (931m), Laguna Malleco (894m) y La Punilla (840m), encontrándose éstas tanto en la cordillera de los Andes de la Región del Biobío, como en la Araucanía. Las estaciones que se encuentran a una altura más baja son Caracol (12m), Pueblo Nuevo (119m) Mulchén (142m), Chillán (151m), Pucón (230m), Quilaco (231m), Collipulli (240m), Traiguén (234m), Los Laureles (260m) y Quillén (285m), en su mayoría ubicadas dentro de la depresión intermedia de las regiones de la zona de estudio. (ver Figura 1)

5.2. Patrones espacio-temporales de correlaciones de crecimiento de anillos y precipitación.

5.2.1 Cronología Sierra Nevada

En el sitio Sierra Nevada se identificaron principalmente asociaciones significativas (mayoritariamente positivas) entre el crecimiento radial de *Araucaria araucana* y las condiciones meteorológicas, especialmente la precipitación. Se observó un patrón espacio-temporal consistente, concentrado en la temporada de crecimiento del mismo año, con énfasis en los meses estivales de enero y febrero, dentro de un periodo aproximado de 30 años (1988–2018). Este intervalo cumple con los rangos considerados confiables para análisis dendroclimáticos.

En total, se registraron 12 correlaciones significativas que indican que la precipitación estival influye directamente en la formación de los anillos. La mayoría de estas asociaciones se distribuyen a lo largo de un gradiente longitudinal entre los 71° y 72° O, al suroeste del área de estudio, concentrándose dentro de un radio cercano al sitio Sierra Nevada.

El resultado destacado corresponde a la correlación entre el crecimiento radial en Sierra Nevada y la precipitación registrada en la estación Puesto Aduana ($r = 0,53$; $p < 0,05$). Esta

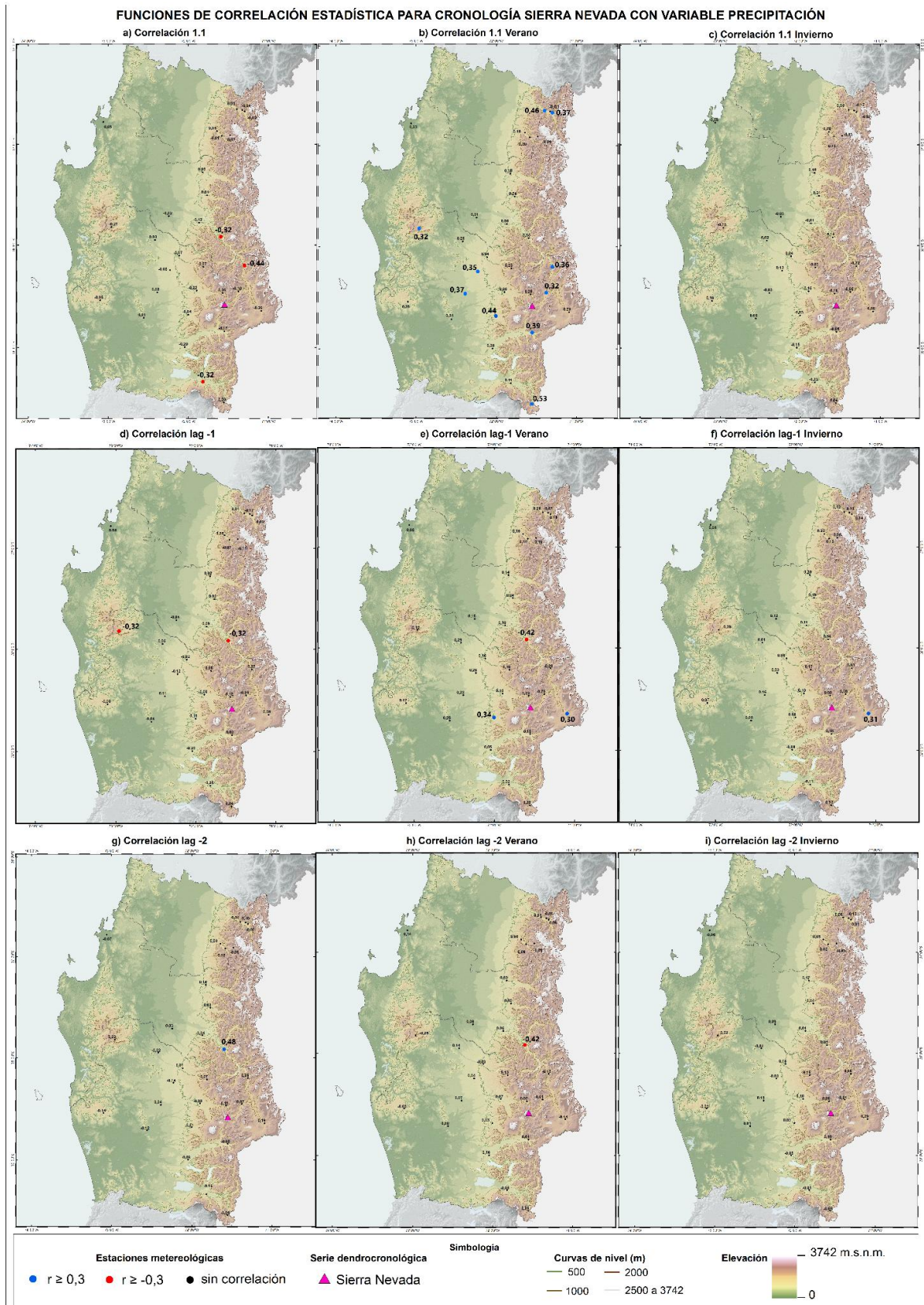
relación, con una extensión de 30 años ($n > 25$), cumple con los criterios estadísticos de robustez. Los datos presentan una distribución normal ($p > 0,05$) y la prueba t de Student confirma que la diferencia entre ambos grupos no se debe al azar, otorgando significancia al resultado. En conjunto, la precipitación explica aproximadamente un 28% de la variabilidad del crecimiento en Sierra Nevada.

Este patrón se manifiesta con mayor intensidad en estaciones ubicadas en la franja andina, caracterizada por un clima mediterráneo frío, con precipitaciones concentradas en invierno y una estación seca marcada durante el verano. La respuesta inmediata del crecimiento frente a la precipitación estival sugiere que la disponibilidad hídrica durante el periodo de formación de anillos constituye un factor limitante clave. Dado que el ciclo de crecimiento–latencia de la especie se encuentra adaptado a variaciones climáticas adversas en las estaciones secas o de menor precipitación, la humedad del suelo adquiere un rol determinante.

En este tipo de ambientes, la actividad cambial depende estrechamente del agua disponible en los meses cálidos, tal como ha sido documentado en otras especies leñosas sometidas a estrés hídrico durante la temporada de crecimiento (Fritts, 1976; Morales et al., 2004).

A diferencia de otros sitios del estudio, donde predominaron efectos diferidos asociados a la precipitación invernal (lag -1), en Sierra Nevada se observa una relación directa y contemporánea con las condiciones climáticas del mismo año. Esto evidencia la alta sensibilidad del sitio frente a la variabilidad hídrica estival, rasgo que también ha sido reportado en estudios dendroclimáticos realizados en zonas con características climáticas y altitudinales similares (Villalba et al., 1994; González & Veblen, 2006).

Figura 3: Correlaciones de precipitación con cronología de Sierra Nevada. (+/- 3, p < 0,05)



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Cronología Volcán Lanín

En el sitio Volcán Lanín se observaron correlaciones significativas tanto positivas como negativas entre el crecimiento radial de *Araucaria araucana* y las variables climáticas. Las asociaciones positivas se vinculan principalmente con los meses de invierno, mientras que las negativas se relacionan con condiciones estivales.

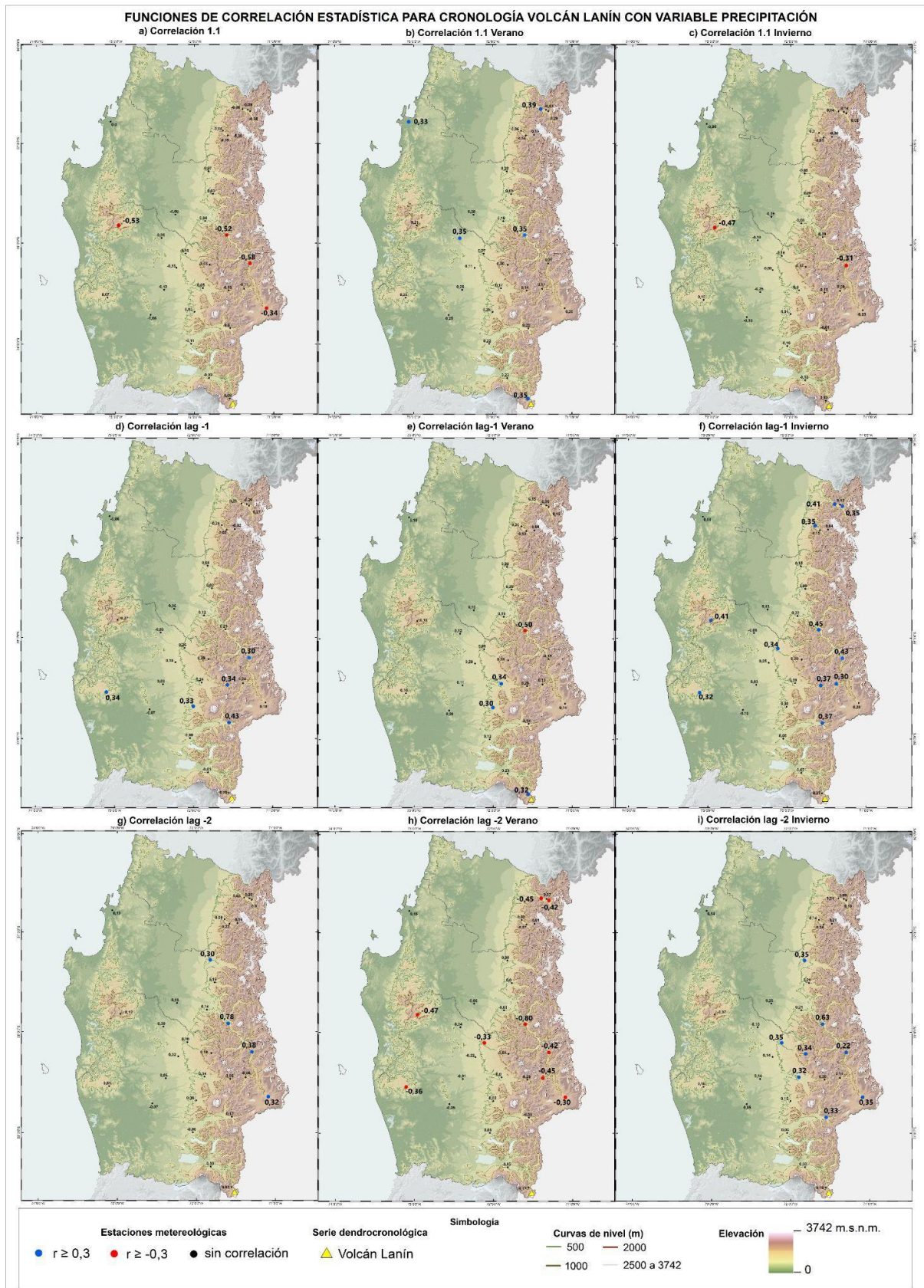
Un patrón especialmente relevante corresponde a las correlaciones lag -1 obtenidas para los meses de invierno, las cuales indican que la cronología del Volcán Lanín responde positivamente a la precipitación registrada durante la temporada invernal previa (junio–agosto). Se detectaron correlaciones generalmente significativas en gran parte de las estaciones analizadas, lo que evidencia una señal climática consistente asociada a la humedad acumulada del año anterior.

Entre los resultados más representativos se encuentra la correlación lag -1 entre el crecimiento radial y la precipitación de la estación Tricauco ($r = 0,43$; $p < 0,05$), con una extensión temporal adecuada para este tipo de estudios ($n = 28$). Los datos presentaron distribución normal ($p > 0,05$) y la prueba t de Student ($p < 2.2e-16$) confirmó que las diferencias entre los grupos no son atribuibles al azar, validando así la significancia de la correlación. En conjunto, la precipitación explicaría aproximadamente un 18% de la variabilidad del crecimiento en la cronología Volcán Lanín.

Este resultado sugiere que el agua acumulada durante el invierno actúa como una reserva hídrica que sostiene la actividad cambial en la temporada de crecimiento del año siguiente, especialmente durante los meses más secos del verano. Este tipo de respuesta diferida ha sido documentado en otras especies leñosas de ambientes templado-andinos y suele interpretarse como un efecto de memoria hídrica, donde la humedad almacenada en el perfil del suelo permanece disponible más allá del periodo en que ocurrió la precipitación (Anderegg et al., 2015; Kannenberg et al., 2020). En zonas de mayor altitud o con suelos profundos, la recarga hídrica invernal puede ser suficiente para sostener el crecimiento radial incluso cuando las precipitaciones estivales son escasas.

Este patrón es coherente con lo observado en cronologías de ambientes húmedos y cordilleranos del sur de Chile y Argentina, donde el crecimiento de coníferas como *Araucaria araucana* se asocia más estrechamente a la disponibilidad acumulada de agua que a eventos puntuales de precipitación (Villalba et al., 1997). En el caso de Lanín, la señal positiva con la precipitación invernal refuerza la importancia del almacenamiento hídrico como variable mediadora entre clima y desarrollo radial, subrayando la dependencia del sitio respecto de la recarga del año previo para sostener el crecimiento durante la estación seca.

Figura 4: Correlaciones de precipitación con cronología Lanín. (+/- 3, $p < 0,05$)



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Cronología Captrén

En el sitio Captrén se identificaron correlaciones tanto positivas como negativas entre el crecimiento radial y las variables climáticas, registrándose respuestas significativas en todas las funciones de correlación evaluadas. Se observó un patrón espacio-temporal caracterizado por correlaciones negativas con la precipitación de los meses de verano (enero–febrero) con un desfase de dos años (lag -2), totalizando siete asociaciones inversas y dos positivas. Este comportamiento sugiere una señal climática compleja y menos consistente en comparación con otras cronologías del estudio.

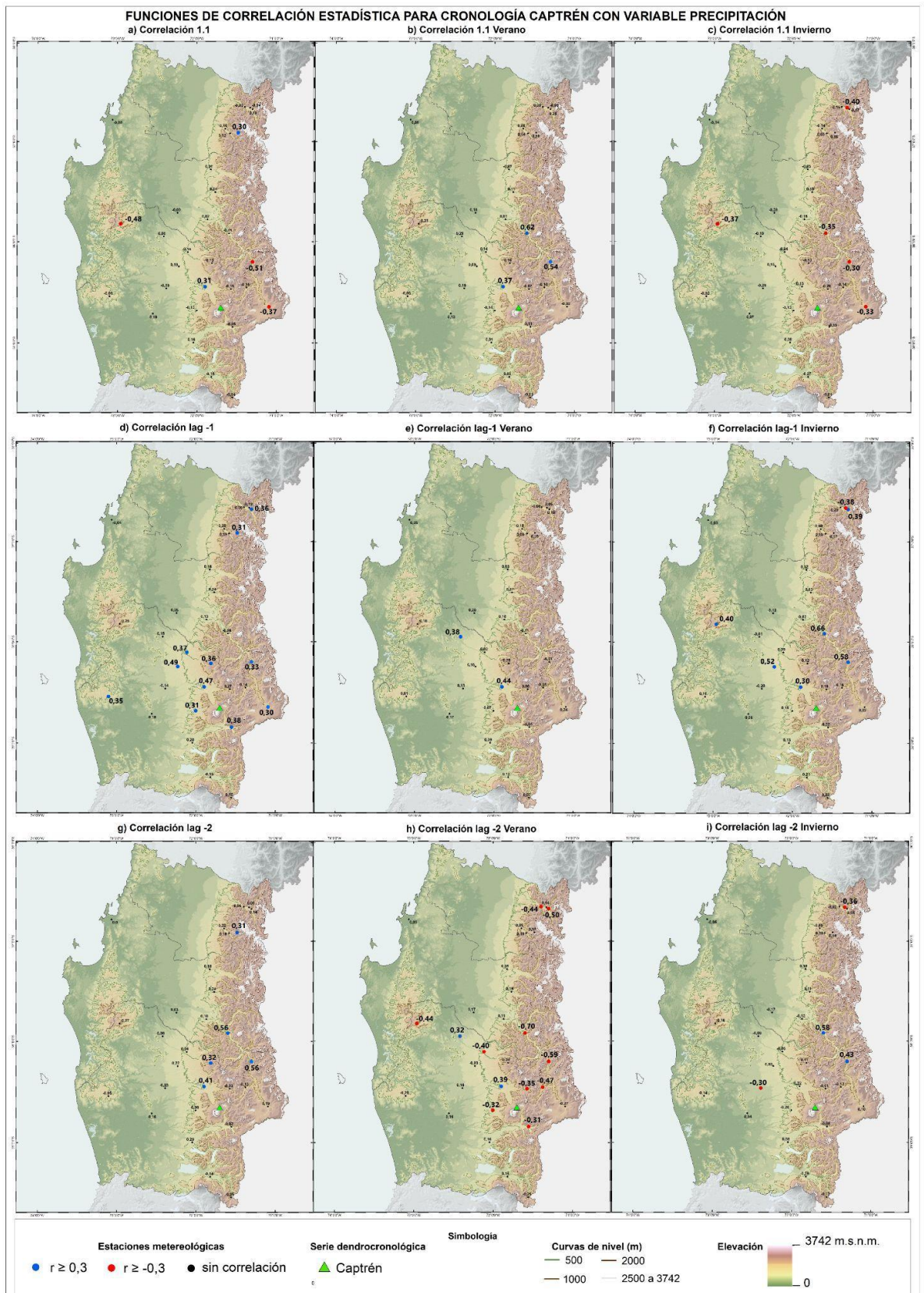
Mediante los análisis estadísticos de validación, destacó la relación crecimiento precipitación con la estación Las Mercedes, perteneciente a uno de los patrones espacio-temporales identificados (lag-1 invierno). Esta serie cuenta con una extensión temporal adecuada para el análisis ($n = 28$) y presenta un nivel de significancia confiable ($r = 0,52$; $p < 0,05$). Los datos mostraron distribución normal ($p > 0,05$), y la prueba t de Student ($p = 1.468e-09$) confirmó que las diferencias observadas no son atribuibles al azar. En conjunto, la precipitación explicaría aproximadamente un 28% de la variabilidad del crecimiento en la cronología Captrén.

A pesar de la significancia estadística, la interpretación ecofisiológica de las correlaciones negativas en lag -2 resulta poco clara. Una respuesta inversa con un desfase tan amplio no es habitual en *Araucaria araucana* y podría reflejar un efecto indirecto, como saturación hídrica prolongada que afecte la aireación del suelo o incremente la competencia por recursos en temporadas posteriores. Este tipo de respuesta ha sido reportado bajo condiciones de anoxia o mal drenaje, aunque suele asociarse a sitios planos o con suelos poco porosos (Kozłowski, 1997).

Sin embargo, este patrón inverso no aparece en las demás cronologías analizadas, lo que plantea la posibilidad de que se trate de una señal espuria o influida por factores no climáticos, como particularidades edáficas o microambientales del sitio. En contraste, las correlaciones positivas con la precipitación invernal del año previo (lag -1) muestran mayor consistencia y se alinean con lo observado en otros sitios del estudio, como Lanín y Sierra Nevada. Estas asociaciones podrían reflejar un efecto de recarga hídrica, en el cual el agua acumulada durante el invierno permanece disponible en el perfil del suelo y es utilizada durante el periodo de crecimiento estival (Villalba et al., 1997; Kannenberg et al., 2020).

En conjunto, si bien se reconoce la existencia de correlaciones negativas en lag -2, la interpretación ecológica más plausible corresponde al efecto positivo de las precipitaciones invernales previas sobre el crecimiento. Este patrón es coherente con ambientes cordilleranos caracterizados por una marcada estacionalidad en la disponibilidad hídrica y con lo documentado para otras coníferas de la región.

Figura 5: Correlaciones de precipitación con cronología Captrén. (+/- 3, $p < 0,05$)



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Cronología Tolhuaca

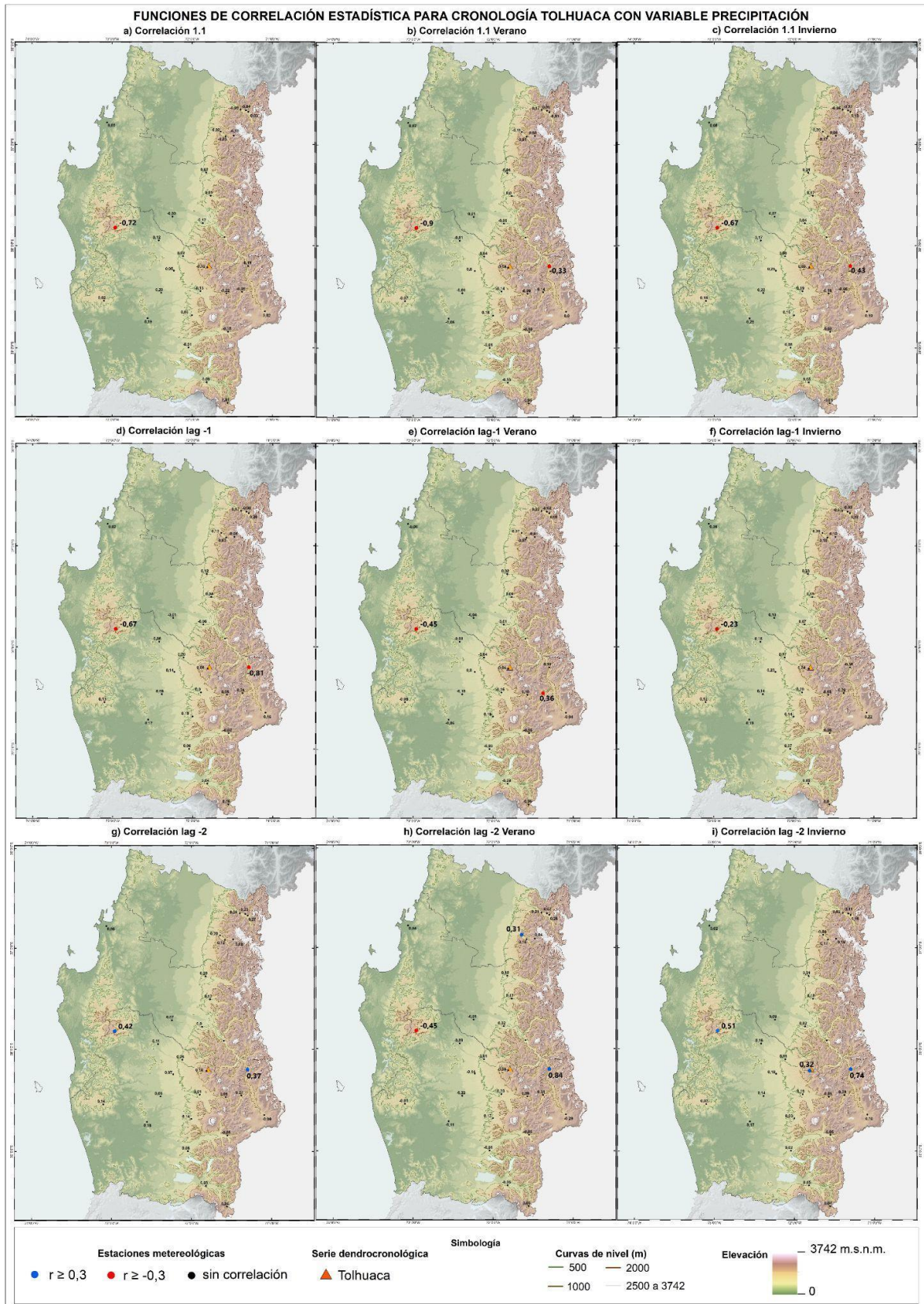
En la cronología Tolhuaca predominaron las respuestas positivas y significativas en la mayoría de las funciones de correlación evaluadas. Entre los valores más altos de correlación crecimiento–precipitación se identificaron aquellos correspondientes a los meses invernales de junio, julio y agosto, destacando una respuesta positiva al invierno de dos años previos al año de crecimiento. Este patrón se observó en un periodo común entre 1988 y 2015 (27 años), cumpliendo con los criterios de amplitud temporal recomendados para estudios dendroclimáticos (ver Fig. 3).

Si bien se registraron algunas correlaciones significativas entre el crecimiento radial de *Araucaria araucana* y la precipitación, no fue posible identificar un patrón consistente ni sostenido en el tiempo. Las correlaciones mostraron variabilidad entre estaciones y meses, y en general no alcanzaron valores de R^2 suficientes como para respaldar una relación climática robusta. Adicionalmente, algunas series no cumplieron con los supuestos de normalidad, lo que obliga a interpretar los resultados con cautela.

La ausencia de una señal climática clara en Tolhuaca podría estar relacionada con la influencia de factores locales no climáticos. Este sitio se ubica en un entorno húmedo y de topografía compleja, donde elementos como el tipo y profundidad del suelo, la pendiente, la orientación, y la cobertura boscosa cercana pueden modular la forma en que la precipitación impacta efectivamente el crecimiento de los árboles. En estos contextos, la disponibilidad real de agua en el suelo o las condiciones de drenaje pueden generar respuestas heterogéneas entre árboles próximos, incluso bajo un mismo régimen climático (Morales et al., 2001; Lloyd & Fastie, 2002).

Este tipo de respuestas altamente localizadas ha sido documentado en otras zonas montañosas, donde la señal climática regional tiende a diluirse debido a la fuerte heterogeneidad ambiental. Por lo tanto, aunque Tolhuaca se encuentra dentro de la misma franja cordillerana donde otras cronologías del estudio mostraron sensibilidad a la precipitación, en este caso es probable que el crecimiento radial esté condicionado por una combinación de factores climáticos y microambientales propios del sitio.

Figura 6: Correlaciones de precipitación con cronología de Tolhuaca. (+/- 3, $p < 0,05$).



Fuente: Elaboración propia.

5.3. Patrones espacio-temporales de correlaciones de crecimiento de anillos y temperatura.

5.3.1 Cronología Sierra Nevada

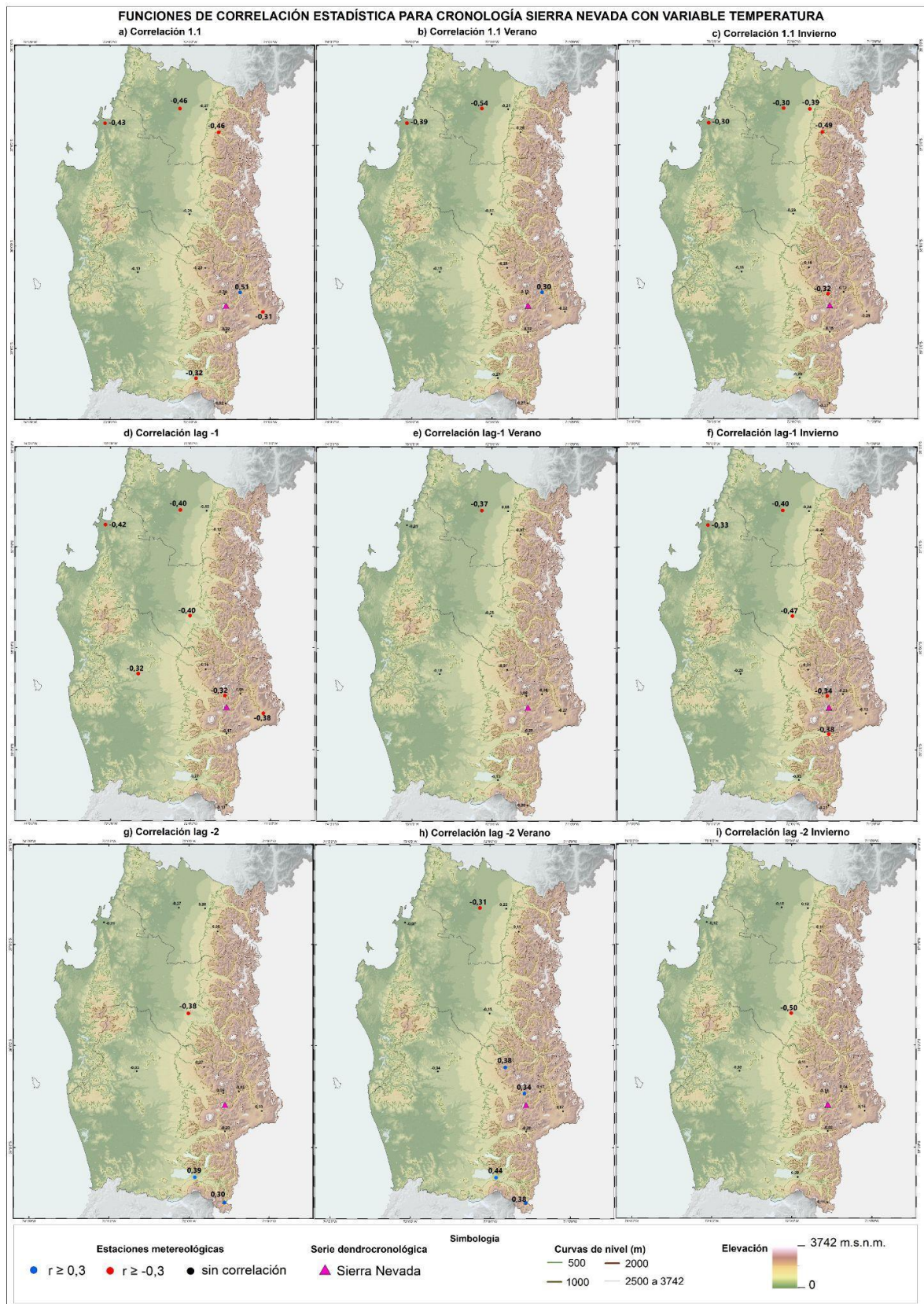
En la cronología Sierra Nevada, las correlaciones con las estaciones de temperatura mostraron una alta variabilidad. Aun así, fue posible identificar un patrón difuso que se manifiesta con mayor claridad en la función correspondiente a la temperatura media del verano del año en curso (1.1). En este caso, se observaron correlaciones significativas y positivas principalmente en estaciones ubicadas al norte del sitio (regiones de Ñuble y Biobío), mientras que al sur (región de La Araucanía) predominaron correlaciones negativas.

El resultado más relevante se obtuvo con la estación Tricauco, donde la correlación entre la temperatura estival y el crecimiento radial alcanzó $r = 0,69$ ($p < 0,05$). Esta serie presenta una extensión temporal de 49 años, dentro de los rangos considerados confiables para el análisis dendroclimático. Los datos cumplieron con el supuesto de normalidad ($p > 0,05$) y la prueba t de Student ($p < 2.2e-16$) confirmó que las diferencias entre los grupos no son atribuibles al azar. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,42$) indica que aproximadamente un 42% de la variabilidad del crecimiento en Sierra Nevada puede ser explicada por la temperatura.

A nivel espacial, las correlaciones entre crecimiento y temperatura estival mostraron un patrón mixto. Algunas estaciones ubicadas más al norte, como Chillán, presentaron correlaciones negativas, mientras que otras más próximas o situadas al sur, como Lonquimay, evidenciaron relaciones positivas. Este contraste sugiere que el efecto de la temperatura sobre el crecimiento no es uniforme en el territorio, probablemente debido a diferencias en altitud, disponibilidad hídrica, orientación o exposición solar.

En *Araucaria araucana*, este tipo de respuestas divergentes ante una misma variable climática ha sido reportado previamente, destacando el rol de las condiciones microambientales y las variaciones de latitud en la modulación de la sensibilidad al clima (Allen et al., 2010). Por tanto, los resultados obtenidos para Sierra Nevada reflejan un comportamiento complejo, que subraya la necesidad de abordar la relación clima–crecimiento desde una perspectiva espacial amplia, considerando tanto la heterogeneidad ambiental propia de zonas de montaña como la limitada cobertura de datos instrumentales.

Figura 7: Correlaciones de temperatura con cronología de Sierra Nevada. (+/- 3, p < 0,05)



Fuente: Elaboración propia.

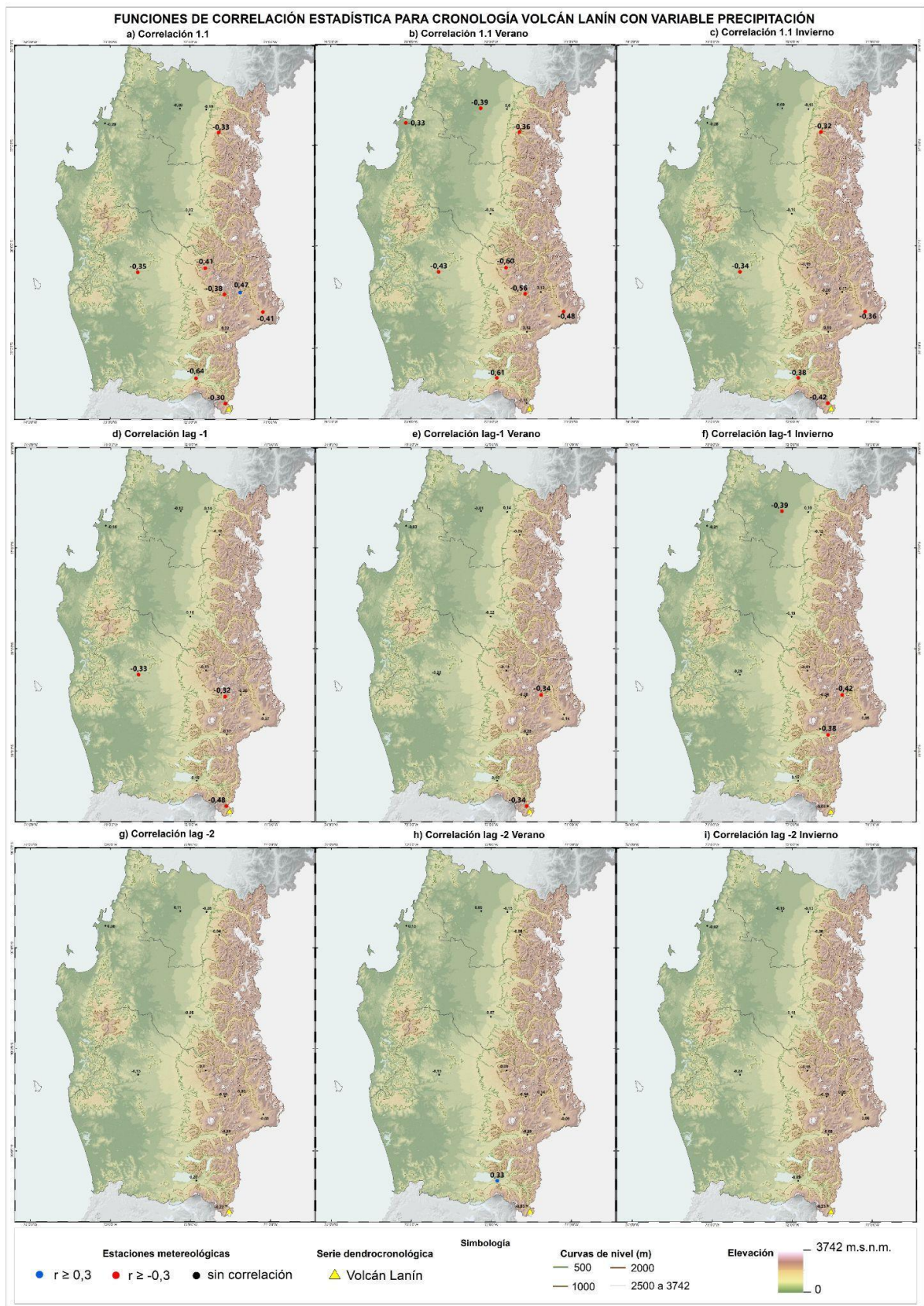
5.3.2 Cronología Volcán Lanín

En la cronología Volcán Lanín, las correlaciones con las estaciones de temperatura fueron mayoritariamente negativas y mostraron una considerable variabilidad espacial. Entre los resultados más relevantes destaca la correlación obtenida con la estación Laguna Malleco, la cual alcanzó $r = -0,60$ ($p < 0,05$) en un periodo de 25 años. Esta serie cumple con los supuestos de normalidad ($p > 0,05$) y la prueba t de Student ($p < 2.2e-16$) confirmó que las diferencias entre los grupos no son atribuibles al azar, validando la significancia estadística del resultado.

La correlación negativa entre la temperatura estival del mismo año y el crecimiento radial se manifestó de manera clara en este sitio, donde la estación Laguna Malleco explicó un 36% de la variabilidad del crecimiento ($R^2 = 0,36$). Este patrón es consistente con lo observado en otras coníferas de zonas montañosas, donde las altas temperaturas estivales actúan como un factor limitante para el crecimiento. Bajo condiciones térmicas elevadas, los árboles suelen cerrar sus estomas para reducir la pérdida de agua, lo que restringe la entrada de CO_2 y disminuye la tasa fotosintética. Este mecanismo fisiológico se traduce en una menor producción de tejido leñoso durante la temporada de crecimiento (Hepting, 1963; Allen et al., 2010).

Asimismo, este comportamiento coincide con lo reportado por Muñoz et al. (2014) en bosques de *Araucaria araucana* del sur de Chile, donde las temperaturas estivales elevadas se comportan como una limitante climática relevante. En ambientes donde la disponibilidad hídrica es variable, incluso pequeñas variaciones térmicas pueden generar efectos sustanciales en el crecimiento radial. Por lo tanto, la señal identificada en Lanín refuerza la importancia de la temperatura estival como variable clave en la dinámica de crecimiento de la especie, especialmente en sectores donde el estrés hídrico puede intensificar los efectos negativos del calor.

Figura 8: Correlaciones de temperatura con cronología Volcán Lanín. (+/- 3, $p < 0,05$)



Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Cronología Captrén

En la cronología Captrén, las correlaciones entre el crecimiento radial y la temperatura resultaron mayormente negativas, mostrando una marcada variabilidad espacio–temporal. Aunque la mayoría de las estaciones presentó correlaciones significativas en diversas funciones, destacaron especialmente las correlaciones asociadas a la temperatura estival (promedio enero–febrero) de dos años previos (lag -2v), donde se registraron los valores más elevados. Esta tendencia sugiere la presencia de una señal climática común, indicando que la temperatura en la zona centro-sur ejerce un efecto negativo sobre el crecimiento de *Araucaria araucana* en prácticamente todos los periodos anuales e interanuales evaluados. Este patrón es coherente con estudios previos que documentan relaciones negativas entre el crecimiento de la especie y las temperaturas estivales y otoñales de la temporada previa, así como con las temperaturas primaverales de la temporada actual (Mundo et al., 2011; Villalba et al., 2009).

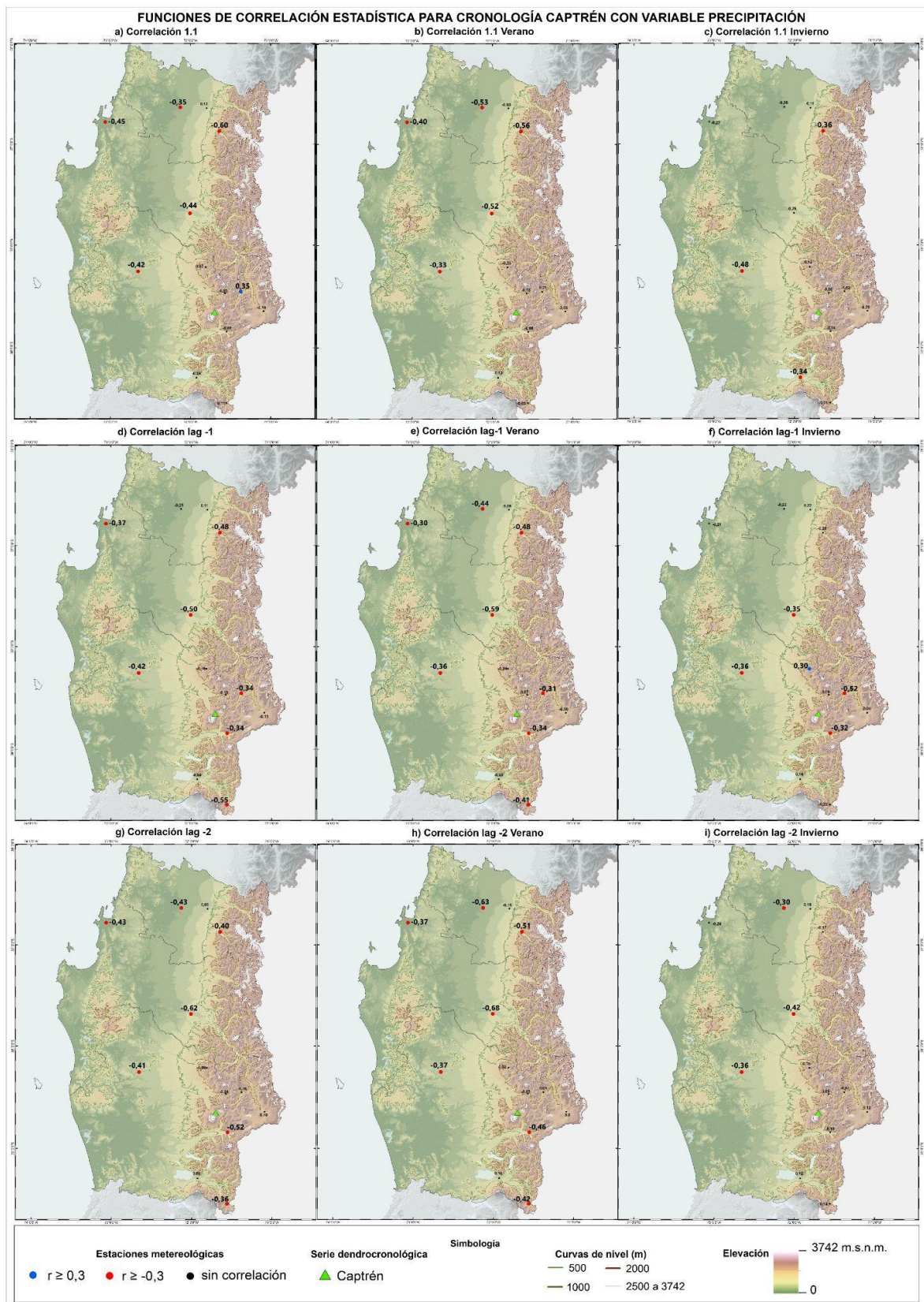
Entre las estaciones analizadas, Quilaco presentó la correlación más fuerte ($r = -0,68$; $p < 0,05$), indicando que el crecimiento de Captrén respondió negativamente a la temperatura de verano de dos años atrás. Esta serie instrumental posee una extensión de 49 años, convirtiéndola en la más prolongada y, por ende, una de las más confiables para evaluar la relación con la temperatura. El desfase temporal observado sugiere que el crecimiento en Captrén no responde únicamente a las condiciones climáticas inmediatas, sino que puede estar influenciado por la acumulación de efectos adversos a lo largo del tiempo.

En este caso, los datos no presentaron distribución normal ($p < 0,05$), por lo que se aplicó correlación de Spearman para analizar la relación entre variables. Sin embargo, las series sí mostraron significancia en el análisis de varianza (t-student, $p < 2.2e-16$), indicando que las diferencias entre los grupos de datos no son atribuibles al azar. En conjunto, la temperatura explicaría aproximadamente un 45% de la variabilidad del crecimiento en la cronología Captrén.

Diversos estudios han señalado que las coníferas de ambientes templados pueden presentar respuestas retardadas al clima, especialmente cuando han enfrentado episodios de estrés térmico o sequías prolongadas que afectan su fisiología por más de una temporada (Veblen et al., 1995; Pederson, 1998). Este tipo de respuestas diferidas se ha asociado a mecanismos de compensación o recuperación de reservas de carbono, así como a daños subletales acumulativos que impactan la actividad cambial con cierto retraso. En este sentido, el patrón observado en Captrén podría reflejar una mayor vulnerabilidad del sitio

frente a condiciones de estrés prolongado, o una sensibilidad particular de esta población de *Araucaria araucana* a eventos térmicos extremos.

Figura 9: Correlaciones de temperatura con cronología de Captren. (+/- 3, $p < 0,05$)



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 Cronología Tolhuaca

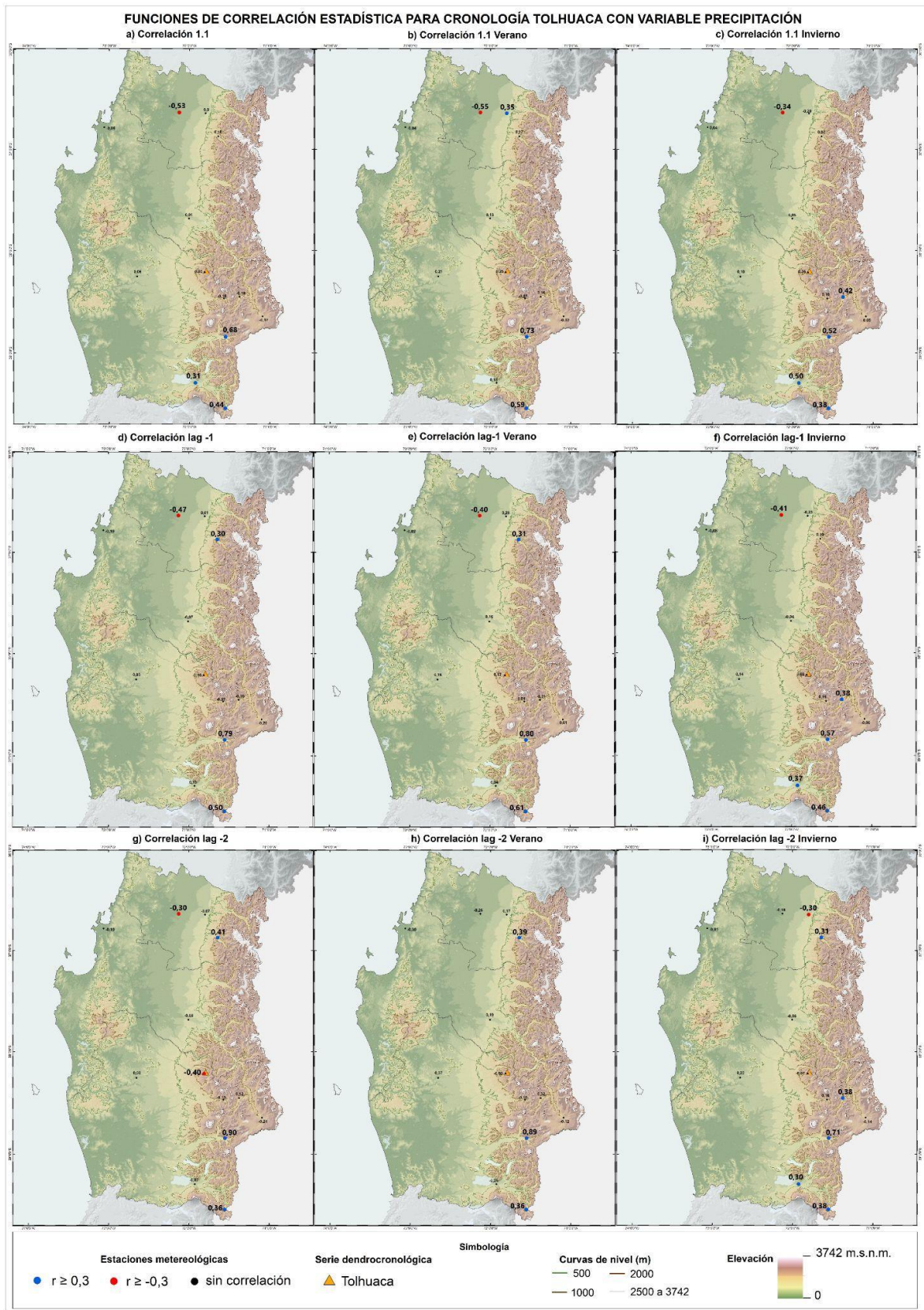
En el sitio Tolhuaca, el crecimiento radial de *Araucaria araucana* mostró correlaciones tanto positivas como negativas con la temperatura, evidenciando un patrón espacial mixto. Las correlaciones positivas más consistentes se registraron con estaciones situadas al sur de la cronología (38°12'3.32" S – 71°47'32.54" O), particularmente con la temperatura invernal con un desfase de dos años. Todas estas estaciones se ubican en la cordillera de los Andes, lo que sugiere que en este sector el aumento de la temperatura invernal de dos años previos influyó positivamente en el crecimiento de la especie.

Por otro lado, solo la estación Chillán mostró una correlación negativa significativa para la temperatura del verano del año actual (1.1 verano), alcanzando $r = -0,55$ ($p < 0,05$). Este fue el resultado más sólido para la cronología Tolhuaca. Con una extensión temporal de 24 años, la serie se ubica en el rango mínimo considerado confiable para el análisis dendroclimático de este estudio. Los datos presentaron distribución normal y cumplieron con los supuestos de significancia de la prueba t de Student ($p < 2.2e-16$). En conjunto, la temperatura estival explicó aproximadamente un 30% de la variabilidad del crecimiento en Tolhuaca.

A pesar de la presencia de correlaciones significativas con la temperatura estival —como la correlación negativa registrada con Chillán— la señal climática general en Tolhuaca fue más heterogénea que en los otros sitios analizados. Esta falta de consistencia podría estar asociada a factores microambientales propios del lugar, tales como variaciones en la topografía, la cobertura vegetal o las características edáficas locales, que no son completamente reflejadas por las estaciones meteorológicas cercanas. Estudios previos han documentado comportamientos similares en ambientes ecológicamente complejos, donde árboles expuestos a condiciones regionales homogéneas pueden responder de manera distinta debido a su entorno inmediato (Lloyd & Fastie, 2002; Morales et al., 2004).

El patrón observado en Tolhuaca refuerza la importancia de considerar la influencia de variables locales en estudios dendroclimáticos, especialmente en zonas donde la señal climática regional se encuentra atenuada o fragmentada por la heterogeneidad ambiental.

Figura 10: Correlaciones de temperatura con cronología de Tolhuaca. (+/- 3, $p < 0,05$).



Fuente: Elaboración propia.

5.4. Análisis de tendencias en base a test Mann-Kendall

Los resultados del análisis de tendencias para la precipitación promedio estival (enero–febrero) en la estación Puesco Aduana, para el periodo 1987–2017, indican una tendencia creciente no significativa de acuerdo con el test de Mann-Kendall ($Z = 1,05$; $p > 0,05$). La serie presenta una precipitación media de 79,0 mm y una desviación estándar de 50,71 mm. La pendiente de Sen evidencia un incremento aproximado de 12,84 mm/década, lo que sugiere un aumento moderado de las precipitaciones estivales; no obstante, este cambio no alcanza significancia estadística.

En la estación Las Mercedes, la precipitación invernal (junio–agosto) muestra una tendencia decreciente no significativa durante el periodo 1987–2014 ($Z = -0,85$; $p > 0,05$), con una media de 231,09 mm y una desviación estándar de 52,65 mm. La pendiente de Sen registra una disminución cercana a 10,28 mm/década, lo que apunta a un descenso moderado en las precipitaciones invernales, aunque sin suficiencia estadística para confirmar una tendencia robusta.

Por su parte, la precipitación anual de la estación Tricauco exhibe una tendencia decreciente no significativa en el periodo evaluado ($Z = -1,21$; $p > 0,05$). La serie presenta una precipitación media de 178,11 mm y una desviación estándar de 37,30 mm. La pendiente de Sen estima una reducción de aproximadamente 10,52mm/década, lo que sugiere un leve descenso en la precipitación anual que, dado su carácter no significativo, debe interpretarse con cautela frente a la variabilidad interanual.

En cuanto a la variable temperatura, la estación Tricauco presenta una tendencia creciente estadísticamente significativa en la temperatura promedio anual para el periodo 1989–2014 ($Z = 4,41$; $p < 0,05$), con una media de 9,97 °C y una desviación estándar de 1,33 °C. La pendiente de Sen muestra un incremento de aproximadamente 1,59 °C/década, reflejando un aumento sostenido en la temperatura anual.

El promedio de verano en la estación Quilaco (1967–2014) también exhibe una tendencia creciente significativa ($Z = 5,08$; $p < 0,05$), con una temperatura media de 18,06 °C y una desviación estándar de 1,36 °C. La pendiente de Sen alcanza 0,67 °C/década, confirmando un aumento consistente de las temperaturas estivales.

En la estación Laguna Malleco, el promedio estival para el periodo 1990–2015 muestra una tendencia creciente no significativa ($Z = 1,47$; $p > 0,05$), con una media de 14,76 °C y una desviación estándar de 1,17 °C. La pendiente de Sen indica un incremento aproximado de

0,64 °C/década, sugiriendo un aumento moderado de la temperatura estival, aunque sin evidencia estadística suficiente.

Finalmente, el promedio anual de la estación Chillán (1966–1993) presenta una tendencia creciente estadísticamente significativa ($Z = 3,25$; $p < 0,05$), con una media de 18,7 °C y una desviación estándar de 1,36 °C. La pendiente de Sen, equivalente a 0,63 °C/década, evidencia un incremento sostenido en la temperatura promedio durante el periodo analizado.

Tabla 5: Resultados de test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencias en la precipitación y temperatura en estaciones con mayor correlación.

Variabl e	Estaciones	Cronología	Periodo	Periodo interanual	Z	Pendiente de Sen (mm - °C/década)	Tendenci a
pp	Puesto Aduana	S. Nevada	1987 - 2017	1.1 verano	1,05	12,84	TNSC
pp	Tricauco	V. Lanín	1989 - 2016	lag-1	-1,20	10,52	TNSD
pp	Las Mercedes	Captrén	1987 - 2014	lag 1 invierno	-0,84	10,28	TNSD
t°	Tricauco	S. Nevada	1989 - 2014	1.1	4,41	1,59	TSC
t°	Quilaco	Captrén	1967 - 2014	lag 2 verano	5,08	0,67	TSC
t°	Laguna Malleco	V. Lanín	1990 - 2015	1.1 verano	1,47	0,64	TNSC
t°	Chillán	Tolhuaca	1966 - 1993	1.1 verano	3,25	0,63	TSC

Fuente: Elaboración propia

Las precipitaciones muestran efectos distintos según la estación: en Tricauco y Las Mercedes, las lluvias del año anterior se relacionan con una disminución del crecimiento en Captrén y Volcán Lanín, mientras que en Puesto Aduana las precipitaciones estivales presentan un leve aumento del crecimiento en Sierra Nevada. En cuanto a la temperatura, en Tricauco el año actual se asocia positivamente al crecimiento en Sierra Nevada, pero en Laguna Malleco y Chillán la relación es inversa: a mayor temperatura, menor crecimiento. En Captrén, aunque existe alta correlación con la estación Quilaco, las tendencias difieren por la estandarización de las series, factores locales no climáticos y la respuesta rezagada del crecimiento, lo que atenúa la señal de baja frecuencia.

5.5. Análisis de anomalías

El análisis conjunto de las anomalías de temperatura y precipitación con las cronologías estandarizadas de *Araucaria araucana* evidencia patrones consistentes de sensibilidad climática. En general, las series de crecimiento reflejan adecuadamente la variabilidad interanual, lo cual concuerda con la literatura que describe a las coníferas templadas como buenos bioindicadores del clima (Fritts, 1976; Cook & Kairiukstis, 1990). La respuesta varía según la disponibilidad hídrica y el régimen térmico local, reforzando la idea de que la limitación climática es espacialmente dependiente (Vicente-Serrano et al., 2013).

Figura 11: Anomalías de precipitación y cronologías de ancho de anillos de crecimiento de *Araucaria Araucana*. Estaciones seleccionadas con mejor correlación.

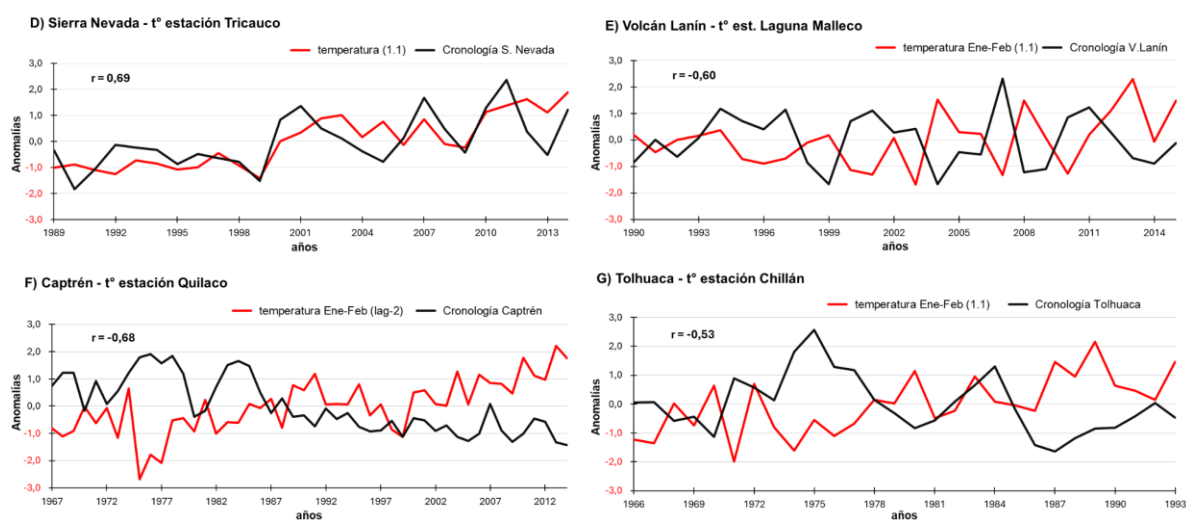


Fuente: Elaboración propia.

- A) Sierra Nevada - Puesto Aduana ($r = 0,53$): Se observa en el gráfico una buena correspondencia entre años húmedos y mayor crecimiento refuerza la idea de que *Araucaria araucana* es altamente sensible a la disponibilidad hídrica estival (Lara et al., 2005). Entre 2000 y 2002, o 2014 muestran peaks de crecimiento coincidentes con condiciones húmedas asociadas a fases Niño.
- B) Volcán Lanín - Tricauco ($r = 0,43$): La señal diferida (lag-1) sugiere que la precipitación invernal afecta la recarga hídrica del suelo, influyendo en la temporada de crecimiento siguiente (Gessler et al., 2014). Destacan años húmedos como 1996 o 2010 anteceden valores positivos en crecimiento.
- C) Captrén - Las Mercedes ($r = 0,52$): Se observa una fuerte anomalía para el año 1991 y 1999. La sincronización entre inviernos húmedos y crecimiento del año siguiente

coincide con la literatura que indica que la humedad acumulada es un predictor clave del crecimiento radial en bosques templados del sur de Chile (Urrutia et al., 2011).

Figura 12: Anomalías de temperatura y cronologías de ancho de anillos de crecimiento de *Araucaria Araucana*. Estaciones seleccionadas con mejor correlación



Fuente: Elaboración propia.

D) Sierra Nevada - Tricauco ($r = 0,69$): La respuesta positiva del crecimiento radial ante anomalías cálidas concuerda con estudios que muestran que, en ambientes húmedos, la temperatura estival favorece la actividad cambial y la elongación celular (Carrer & Urbinati, 2004). Entre 2001–2004 y 2010–2013, ambos periodos asociados a fases cálidas de El Niño, se observa un crecimiento incrementado, coherente con eventos documentados de mayor estabilidad térmica en el sur de Chile (Montecinos & Aceituno, 2003).

E) Volcán Lanín - Laguna Malleco ($r = -0,60$): La correlación negativa evidencia que temperaturas elevadas generan estrés hídrico, reduciendo el crecimiento. Este comportamiento es típico de especies en ambientes más secos, donde la evapotranspiración supera la disponibilidad de agua (López et al., 2013). Los descensos observados durante 1998–2001 y 2010–2012 coinciden con eventos La Niña caracterizados por déficit hídrico en la zona centro-sur (Garreaud et al., 2009)

F) Captrén - Quilaco (lag-2; $r = -0,68$): El desfase de dos años es consistente con la dinámica ecofisiológica en coníferas, donde el estrés térmico puede afectar reservas de carbono y alterar la formación de madera en temporadas posteriores (Holmes, 1994; Rossi et al.,

2008). Años extremadamente cálidos como 1998 (El Niño fuerte) preceden reducciones claras en el crecimiento, lo cual respalda una respuesta diferida.

G) Tolhuaca - Chillán ($r = -0,53$): Las temperaturas elevadas de la década de 1970, coincidentes con los eventos ENSO de 1972–73 y 1975–76, muestran disminuciones en la cronología. Este patrón es característico de bosques donde la temperatura está asociada a estrés hídrico estival (Villalba et al., 2012).

6. DISCUSIÓN

El objetivo general de este estudio fue desarrollar un análisis exploratorio para evaluar las relaciones estadísticas entre cronologías de *Araucaria araucana* y registros instrumentales de temperatura y precipitación en la zona centro-sur de Chile. Los resultados evidenciaron asociaciones significativas entre las series de crecimiento radial y diversas estaciones meteorológicas, lo que demuestra la sensibilidad de esta especie a la variabilidad climática y su potencial para la generación de reconstrucciones paleoclimáticas en ambientes templado-andinos.

El clima constituye uno de los principales determinantes de la variabilidad interanual del crecimiento arbóreo, modulando procesos fisiológicos como la actividad cambial, la transpiración y la fotosíntesis (Fritts, 1976). El uso de funciones de correlación permitió identificar los periodos y variables que ejercen mayor influencia sobre el crecimiento, lo que concuerda con estudios que destacan el rol de los factores térmicos e hídricos en especies de coníferas de latitudes templadas (Li et al., 2024). Para ello, se elaboraron cuatro cronologías correspondientes a los sitios Sierra Nevada, Volcán Lanín, Captrén, Tolhuaca, y se analizaron datos provenientes de 35 estaciones meteorológicas, ajustando series mediante regresión lineal a fin de garantizar continuidad instrumental.

Los patrones espacio-temporales obtenidos identificaron señales climáticas diferenciadas según sitio, variable y desfase, reafirmando la alta sensibilidad de *Araucaria araucana* a condiciones hidrometeorológicas en ambientes cordilleranos con marcada estacionalidad (Lara et al., 2005; Villalba et al., 2009). En términos de precipitación, las relaciones más robustas se registraron en Sierra Nevada y Volcán Lanín. En Sierra Nevada se observó una respuesta inmediata al régimen hídrico estival, indicando que la disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento constituye un factor limitante directo, como ha sido ampliamente documentado para coníferas sometidas a estrés hídrico estival (Fritts, 1976). En contraste, Volcán Lanín presentó una señal diferida (lag-1) respecto de la precipitación invernal, lo que sugiere un efecto de recarga hídrica del suelo o acumulación nival, mecanismo que ha sido descrito en ecosistemas de montaña donde la humedad almacenada durante el invierno condiciona la actividad cambial de la temporada siguiente (Christie et al., 2010; Gessler et al., 2014).

Las cronologías de Captrén y Tolhuaca mostraron relaciones menos consistentes, probablemente debido a la influencia de factores microambientales y características edáficas locales. Captrén presentó correlaciones negativas con la precipitación estival de dos años

previos, patrón poco usual desde el punto de vista ecofisiológico y que podría reflejar condiciones de saturación hídrica o anoxia en suelos específicos (Rozas et al., 2009). Por su parte, Tolhuaca exhibió una señal positiva con la precipitación invernal lag-2, aunque sin una estructura espacial clara, lo que es coherente con sitios donde la heterogeneidad topográfica y la complejidad ambiental atenúan la señal climática (Lloyd & Fastie, 2002; Morales et al., 2001).

Respecto de la temperatura, se identificó un predominio de correlaciones negativas, en concordancia con el efecto fisiológico del estrés térmico, que tiende a reducir la apertura estomática, disminuir la asimilación de carbono y limitar la formación de madera (Hepting, 1963; Allen et al., 2010). La cronología de Captrén mostró la respuesta más intensa, evidenciando un efecto acumulativo de las temperaturas estivales de dos años previos, mecanismo descrito en coníferas donde el estrés térmico afecta tanto la disponibilidad de carbohidratos como la recuperación de la actividad cambial (Veblen et al., 1995; Rossi et al., 2008). Sierra Nevada, en cambio, mostró un gradiente espacial con respuestas positivas al norte y negativas al sur, lo que puede reflejar diferencias en umbrales térmicos entre zonas más frías (donde un leve aumento de temperatura favorece el crecimiento) y zonas más cálidas o húmedas donde el calor adicional intensifica el estrés hídrico (Körner & Paulsen, 2004).

La integración del análisis de tendencias mediante el test de Mann-Kendall aporta un marco temporal adicional para comprender estas respuestas. En general, la precipitación no mostró tendencias estadísticamente significativas, aunque Las Mercedes y Tricauco presentaron disminuciones moderadas (≈ -10 mm/década), mientras que Puesto Aduana mostró un leve aumento en verano (12,84 mm/década). La ausencia de tendencias robustas es coherente con estudios que atribuyen la variabilidad hidroclimática reciente en Chile centro-sur a forzantes interanuales y decadales más que a cambios monótonos (Garreaud et al., 2009; Boisier et al., 2016).

En contraste, la temperatura exhibió tendencias crecientes significativas en varias estaciones: Tricauco (1,59 °C/década), Quilaco (0,67 °C/década) y Chillán (0,63 °C/década), lo que coincide con registros regionales que muestran un calentamiento sostenido en las últimas décadas (Falvey & Garreaud, 2009; Vuille et al., 2015). Estas tendencias térmicas fortalecen la interpretación de las correlaciones negativas observadas en Volcán Lanín, Captrén y Tolhuaca, ya que sugieren que el aumento progresivo de la temperatura estival está empezando a ejercer un control más marcado sobre el crecimiento radial en zonas donde el agua es un recurso limitante.

El análisis de anomalías permitió profundizar estas interpretaciones al evaluar la coherencia entre los eventos climáticos extremos y el crecimiento anual. Las anomalías positivas de precipitación se asociaron a mayor crecimiento en Sierra Nevada y, con desfase, en Volcán Lanín y Captrén, lo que reafirma el rol de la disponibilidad hídrica estival e invernal como control dominante del crecimiento radial (Urrutia et al., 2011). Por el contrario, las anomalías térmicas mostraron respuestas divergentes: Sierra Nevada evidenció una relación positiva durante periodos cálidos específicos (probablemente debido a su condición climática más fría) mientras que Volcán Lanín, Captrén y Tolhuaca mostraron reducciones de crecimiento en años particularmente cálidos o asociados a eventos La Niña, en concordancia con la intensificación del estrés hídrico estival (Garreaud et al., 2009).

En conjunto, los resultados muestran que *Araucaria araucana* responde de forma diferenciada a la disponibilidad hídrica y al régimen térmico, con sensibilidad tanto inmediata como rezagada según el sitio y el tipo de limitación climática. La coherencia entre las correlaciones, las tendencias térmicas crecientes y las anomalías climáticas evidencia que el crecimiento radial de esta especie está siendo moldeado tanto por la variabilidad interanual (ENSO, eventos cálidos/extremos) como por un escenario de calentamiento progresivo en la zona centro-sur de Chile. Esto confirma el valor de *Araucaria araucana* como bioindicador climático y refuerza su utilidad para estudios de reconstrucción climática en ecosistemas de montaña.

El objetivo general de este estudio fue desarrollar un análisis exploratorio para evaluar las relaciones estadísticas entre cronologías de *Araucaria araucana* y registros instrumentales de temperatura y precipitación en la zona centro-sur de Chile. Los resultados evidenciaron asociaciones significativas entre las series de crecimiento radial y diversas estaciones meteorológicas, lo que demuestra la sensibilidad de esta especie a la variabilidad climática y su potencial para la generación de reconstrucciones paleoclimáticas en ambientes templado-andinos.

El clima constituye uno de los principales determinantes de la variabilidad interanual del crecimiento arbóreo, modulando procesos fisiológicos como la actividad cambial, la transpiración y la fotosíntesis (Fritts, 1976). El uso de funciones de correlación permitió identificar los periodos y variables que ejercen mayor influencia sobre el crecimiento, en concordancia con trabajos que destacan el rol de los factores térmicos e hídricos en especies de coníferas de latitudes templadas (Li et al., 2024). Para este objetivo, se elaboraron cuatro cronologías correspondientes a los sitios Captrén, Volcán Lanín, Sierra Nevada y Tolhuaca,

y se analizaron datos provenientes de 35 estaciones meteorológicas, ajustando series mediante regresión lineal para garantizar continuidad instrumental.

Los patrones espacio-temporales obtenidos mostraron señales climáticas diferenciadas según sitio, variable y desfase, reafirmando la alta sensibilidad de *Araucaria araucana* a condiciones hidrometeorológicas en ambientes cordilleranos con marcada estacionalidad (Lara et al., 2005; Villalba et al., 2009). En términos de precipitación, las relaciones más robustas se registraron en Sierra Nevada y Volcán Lanín. En Sierra Nevada se observó una respuesta inmediata al régimen hídrico estival, lo que indica que la disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento constituye un factor limitante directo (Fritts, 1976). En contraste, Volcán Lanín presentó una señal diferida (lag-1) respecto de la precipitación invernal, lo que sugiere un efecto de recarga hídrica del suelo o acumulación nival, fenómeno ampliamente descrito en ecosistemas de montaña (Christie et al., 2010; Gessler et al., 2014).

Las cronologías de Captrén y Tolhuaca mostraron relaciones menos consistentes, probablemente debido a la influencia de factores microambientales y características edáficas locales. Captrén presentó correlaciones negativas con la precipitación estival de dos años previos, patrón ecofisiológicamente complejo que podría reflejar episodios de saturación hídrica o anoxia en suelos (Rozas et al., 2009). En Tolhuaca, la señal positiva con la precipitación invernal lag-2 carece de una estructura espacial clara, lo que coincide con sitios donde la heterogeneidad topográfica atenúa la señal climática (Lloyd & Fastie, 2002; Morales et al., 2001).

Respecto a la temperatura, predominó un patrón de correlaciones negativas, especialmente con temperaturas estivales, acorde con el efecto limitante del estrés térmico sobre el crecimiento radial (Hepting, 1963; Allen et al., 2010). Captrén evidenció la respuesta más intensa, consistente con efectos térmicos acumulativos descritos en coníferas sometidas a estrés prolongado (Veblen et al., 1995; Rossi et al., 2008). Sierra Nevada, en cambio, presentó un gradiente espacial con correlaciones positivas en sectores más fríos del norte y negativas en sectores más cálidos del sur, lo que sugiere diferencias en umbrales térmicos locales que determinan cuándo la temperatura se vuelve un factor limitante (Körner & Paulsen, 2004).

La integración del análisis de tendencias mediante el test de Mann-Kendall aporta un marco temporal adicional para interpretar estas respuestas. La precipitación no mostró tendencias estadísticamente significativas, aunque Las Mercedes y Tricauco presentaron disminuciones moderadas (≈ -10 mm/década) y Puesto Aduana un leve incremento estival (12,84 mm/década). Esto refuerza que la precipitación reciente en la región está dominada

por variabilidad interanual más que por cambios monótonos, tal como ha sido documentado en el contexto de la megasequía y la reorganización hidroclimática regional (Garreaud et al., 2009; Boisier et al., 2016). Por el contrario, la temperatura sí exhibió tendencias crecientes significativas en Tricauco (1,59 °C/década), Quilaco (0,67 °C/década) y Chillán (0,63 °C/década), coherentes con el calentamiento sostenido reportado para Chile central (Falvey & Garreaud, 2009; Vuille et al., 2015). Estas tendencias térmicas fortalecen la interpretación de las correlaciones negativas observadas en Volcán Lanín, Captrén y Tolhuaca, ya que el incremento progresivo de la temperatura estival intensifica la limitación hídrica y reduce la tasa de crecimiento radial.

El análisis de anomalías refuerza estas interpretaciones al evaluar la sensibilidad interanual de las cronologías. En Sierra Nevada–Puesto Aduana, los años húmedos se asociaron a mayor crecimiento; mientras que en Volcán Lanín–Tricauco, anomalías húmedas invernales antecedieron aumentos de crecimiento, confirmando el rol de la recarga hídrica. En Captrén–Las Mercedes, los inviernos húmedos se vincularon con crecimientos positivos, pese a la heterogeneidad del sitio, lo que coincide con trabajos que destacan la humedad acumulada como predictor en bosques templados del sur de Chile (Urrutia et al., 2011). En contraste, las anomalías cálidas se asociaron a disminuciones de crecimiento en Volcán Lanín, Captrén y Tolhuaca (especialmente durante eventos La Niña) reflejando la intensificación del estrés térmico e hídrico (Garreaud et al., 2009). Sierra Nevada mostró una relación positiva con anomalías cálidas en periodos específicos, lo que es consistente con una condición térmica base más fría donde aumentos moderados de temperatura pueden extender la temporada de crecimiento (Carrer & Urbinati, 2004).

En este contexto, al relacionar las correlaciones con las tendencias y con la distribución espacial del clima, se observa una coherencia ecológica que sugiere que las respuestas dendroclimáticas de *Araucaria araucana* no son lineales, sino dependientes de umbrales fisiológicos y de condiciones de fondo del clima. Las estaciones con tendencias térmicas crecientes significativas (como Tricauco, Quilaco y Chillán) coinciden con los sitios donde el crecimiento presenta correlaciones negativas con la temperatura estival, lo que indica que el calentamiento regional está empujando a la especie hacia un régimen donde el calor actúa como agente limitante dominante. Este patrón es consistente con estudios que demuestran que, cuando las temperaturas superan ciertos umbrales ecofisiológicos, la eficiencia hídrica disminuye, aumenta la demanda evaporativa y se reduce la tasa de crecimiento (Allen et al., 2010; Körner, 2015; Babst et al., 2019). A su vez, los sitios más fríos, como Sierra Nevada, muestran correlaciones positivas con la temperatura porque aún operan por debajo de ese umbral térmico crítico; en estos ambientes, un aumento moderado de la temperatura puede

extender la temporada de crecimiento, favorecer la división cambial o acelerar el deshielo temprano (Carrer & Urbinati, 2004; Rossi et al., 2008). En relación con la precipitación, se aprecia que las estaciones con tendencias decrecientes (Las Mercedes y Tricauco) corresponden a sitios donde las correlaciones hidrológicas resultan más débiles o inestables, lo que sugiere que la disminución progresiva de las lluvias está erosionando la señal de recarga hídrica, fenómeno reportado para especies sensibles a la disponibilidad de agua en ambientes mediterráneo-andinos (Boisier et al., 2016; Garreaud et al., 2020). En este sentido, la coincidencia entre tendencias, promedios espaciales y correlaciones respalda la hipótesis de que las señales climáticas se activan o desactivan según si las variables climáticas se sitúan por encima o por debajo de los umbrales fisiológicos de la especie. La literatura señala que estas respuestas no lineales (incluyendo cambios abruptos en la sensibilidad del crecimiento) emergen cuando los árboles enfrentan condiciones de estrés extremo, especialmente por calor y déficit hídrico, que modifican la relación clima-crecimiento y pueden incluso invertir el signo de la correlación (Trugman et al., 2018; Szejner et al., 2020; DeSoto et al., 2020). Por tanto, los resultados sugieren que *Araucaria araucana* presenta una sensibilidad climática modulada por límites ecofisiológicos dinámicos: cuando se supera el umbral de estrés hídrico o térmico, la variable deja de favorecer el crecimiento o pasa a limitarlo de manera decisiva, mientras que en condiciones benignas la relación puede atenuarse o desaparecer.

En conjunto, los resultados muestran que *Araucaria araucana* responde de forma diferenciada a la disponibilidad hídrica y al régimen térmico, con sensibilidad tanto inmediata como rezagada según la localización y el tipo de limitación climática. La coherencia entre correlaciones, tendencias térmicas crecientes y anomalías climáticas evidencia que el crecimiento radial de esta especie está siendo modulado por la variabilidad interanual y por un trasfondo de calentamiento progresivo en la zona centro-sur de Chile. Ello confirma el valor de *A. araucana* como bioindicador climático y subraya su relevancia para estudios de reconstrucción climática en ecosistemas de montaña.

7. CONCLUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo general analizar la relación entre el crecimiento radial de *Araucaria araucana* y las variables climáticas de temperatura y precipitación mediante un enfoque espacio-temporal en cuatro localidades de la región de La Araucanía. A través del procesamiento de cronologías dendrocronológicas y su correlación con datos instrumentales de estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio, fue posible cumplir plenamente dicho objetivo, así como los objetivos específicos vinculados a la recopilación, modelación y estandarización de datos climáticos, la construcción de series de crecimiento, la evaluación de la sensibilidad climática anual y estacional y la identificación de patrones espaciales de respuesta.

Los resultados obtenidos confirman que *Araucaria araucana* presenta una sensibilidad climática clara y diferenciada según el sitio, especialmente frente a la precipitación estival y a la temperatura durante los meses de mayor actividad cambial. Las cronologías de Sierra Nevada y Volcán Lanín evidenciaron las respuestas más robustas y coherentes: la primera mostró una marcada relación positiva con la precipitación estival del mismo año, mientras que la segunda reflejó una respuesta diferida frente a la precipitación invernal del año previo, lo que sugiere estrategias ecofisiológicas distintas en relación con la disponibilidad hídrica. En contraste, Captrén y Tolhuaca presentaron señales más atenuadas o espacialmente heterogéneas, probablemente influenciadas por condiciones microambientales, características edáficas o mayor complejidad estructural del bosque.

En cuanto a la temperatura, predominó una respuesta negativa frente a los valores estivales, indicando que el calor excesivo opera como un factor limitante del crecimiento radial, ya sea por efectos directos de estrés térmico o por su incidencia sobre el balance hídrico del árbol. La cronología de Captrén fue especialmente sensible, manifestando incluso respuestas con desfase temporal asociadas a la acumulación de estrés. Paralelamente, la señal térmica mostró un claro gradiente espacial, particularmente en Sierra Nevada, lo que refuerza la importancia de considerar la interacción entre clima local, altitud y condiciones ambientales de fondo al interpretar las respuestas dendroclimáticas.

La integración de los resultados de tendencias climáticas y anomalías permitió contextualizar estas respuestas en un marco temporal más amplio. Las tendencias térmicas crecientes (estadísticamente significativas en varias estaciones) concuerdan con las correlaciones negativas con la temperatura observadas en los sitios más cálidos y con limitación hídrica,

reforzando la idea de que el calentamiento regional está desplazando progresivamente los umbrales fisiológicos que determinan el crecimiento. A su vez, la variabilidad interanual de la precipitación, más que sus tendencias monótonas, se expresó con fuerza en Sierra Nevada y Volcán Lanín, mostrando que la disponibilidad hídrica inmediata o acumulada continúa siendo un controlador dominante de la actividad cambial.

En conjunto, los resultados respaldan el valor de *Araucaria araucana* como especie indicadora del clima en ambientes montañosos del sur de Chile y su potencial para contribuir a reconstrucciones climáticas de alta resolución. Al mismo tiempo, evidencian que la respuesta de los árboles al clima no es homogénea, sino modulada por el contexto ambiental específico de cada sitio y por la superación (o no) de umbrales climáticos que pueden activar o desactivar la sensibilidad del crecimiento frente a determinadas variables. Esto resulta especialmente relevante en un escenario donde convergen tendencias decrecientes de precipitación, aumentos sostenidos de la temperatura estival y una mayor frecuencia de eventos extremos.

Dada esta sensibilidad, se proyecta un escenario de creciente limitación para el crecimiento futuro de la especie si las tendencias actuales continúan intensificando. Esto refuerza la urgencia de disponer de bases climáticas íntegras y de avanzar hacia metodologías complementarias (como análisis isotópicos, cronologías extendidas, anillos intra-anales o la incorporación de variables edáficas y geomorfológicas) que permitan comprender con mayor precisión los mecanismos fisiológicos subyacentes a estas respuestas.

Finalmente, los hallazgos aquí presentados subrayan la importancia de orientar estrategias de conservación y manejo en territorios de alta montaña, donde especies relictas y endémicas como *Araucaria araucana* cumplen un rol científico y ecológico irremplazable. Esta investigación no solo proporciona evidencia científica sobre cómo el clima condiciona su crecimiento, sino que también destaca la necesidad de generar conocimiento aplicado para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros. La degradación de *Araucaria araucana* implica no solo la pérdida de un patrimonio natural y cultural, sino también la afectación de comunidades locales cuya identidad, futuro, bienestar y modos de vida dependen de estos ecosistemas.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. **Aceituno, P.** (1988). On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Monthly Weather Review*, 116(3), 505–524. doi.org<0505:OTFOTS>2.0.CO;2
2. **Aguilera-Betti, I.**, et al. (2017). The first millennium-age *Araucaria araucana* in Patagonia. *Tree-Ring Research*, 73(1), 17–22. doi.org
3. **Allen, C. D.**, et al. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
4. **Allen, C. D.** (2009). Climate-induced forest dieback: An escalating global phenomenon? *Unasylva*, 60(231-232), 43-49. <https://www.fao.org/4/i0670e/i0670e10.htm>
5. **Anderegg, W. R. L.**, et al. (2015). Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate. *New Phytologist*, 208(3), 674–683. doi.org
6. **Arias, P. A.**, et al. (2018). Changes in South America to regional and global scale climate variability and change. En C. Rosenzweig et al. (Eds.), *Climate change and cities: Second assessment report of the urban climate change research network* (pp. 95–126). Cambridge University Press. doi.org
7. **Arsalani, M.**, et al. (2022). Reconstruction of maximum temperatures from tree-ring chronologies in northern Iran: Seasonal windows and climate–growth relationships. *Dendrochronologia*, 71, Artículo 125907. doi.org
8. **Aussenac, G.** (1997). Interactions climat-forêt-gestion sylvicole. *Revue Forestière Française*, 49(S), 11–24. doi.org
9. **Babst, F.**, et al. (2019). When tree rings go global: Challenges and opportunities for dendroecology in the Anthropocene. *Global Change Biology*, 25(4), 1191–1210. doi.org
10. **Barnes, B. V.**, et al. (1998). *Forest ecology* (4ª ed.). Wiley.
11. **Geiger, R.**, et al. (2003). *The climate near the ground* (6ª ed.). Rowman & Littlefield Publishers.
12. **Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.** (2019). *Clima y vegetación: Región de la Araucanía*. Sistema Integrado de Información Territorial (SIIT). <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region9/clima.htm>
13. **Beck, H. E.**, McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., Lutsko, N. J., Dufour, A., Zeng, Z., Jiang, X., van Dijk, A. I. J. M., Schellekens, J., & Miralles, D. G. (2023). High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections. *Scientific Data*, 10, Artículo 724. doi.org

14. **Blasing, T. J.**, Solomon, A. M., & Duvick, D. N. (1984). Response functions revisited. *Tree-Ring Bulletin*, 44, 1–15. tree-ring-bulletin.org
15. **Boisier, J. P.**, Rondanelli, R., Garreaud, R. D., & Muñoz, F. (2016). Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letters*, 43(1), 413–421. <https://doi.org/10.1002/2015GL067265>
16. **Boisier, J. P.**, Alvarez-Garreton, C., Cordero, R. R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R. D., Lambert, F., Ramallo, C., Rojas, M., & Rondanelli, R. (2018). Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6, Artículo 74. <https://doi.org/10.1525/elementa.328>
17. **Boninsegna, J. A.**, Argollo, J., Aravena, J. C., Barichivich, J., Christie, D., Ferrero, M. E., Lara, A., Le Quesne, C., Luckman, B. H., Masiokas, M., Morales, M. S., Oliveira, J. M., Roig, F. A., Srur, A. M., & Villalba, R. (2009). Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3-4), 210–228. doi.org
18. **Bradley, R. S.** (1999). *Paleoclimatology: Reconstructing climates of the Quaternary* (2^a ed.). Academic Press.
19. **Bradley, R. S.**, & Jones, P. D. (1992). Climate since A.D. 1500: Introduction. En R. S. Bradley & P. D. Jones (Eds.), *Climate since A.D. 1500* (pp. 1–16). Routledge
20. **Breitenmoser, P.**, Brönnimann, S., & Frank, D. (2014). Forward modelling of tree-ring width and latewood density to reconstruct high-frequency summer climate variations. *Climate of the Past*, 10(2), 437–449. doi.org
21. **Büntgen, U.**, Krusic, P. J., Trouet, V., & Esper, J. (2021). Tree-ring research in times of crisis. *Nature Plants*, 7(6), 437–439. doi.org
22. **Carrer, M.**, & Urbinati, C. (2004). Age-dependent tree ring growth responses to climate of *Larix decidua* and *Pinus cembra* in the Italian Alps. *Ecology*, 85(3), 730–740. doi.org
23. **Christie, D. A.**, Boninsegna, J. A., Cleaveland, M. K., Lara, A., Le Quesne, C., Morales, M. S., Mudelsee, M., Stahle, D. W., & Villalba, R. (2010). Aridity changes in the

temperate–Mediterranean transition of the Andes since AD 1346 reconstructed from tree-rings. *The Holocene*, 20(6), 831–840. <https://doi.org/10.1177/0959683609356580>

24. **Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN]**. (2002). *Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile: Monitoreo de cambios y actualización del catastro 1997–2001*. Ministerio de Agricultura.

25. **Cook, E. R.**, & Kairiukstis, L. A. (Eds.). (1990). *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences*. Kluwer Academic Publishers/Springer. doi.org

26. **Comisión Nacional de Riego [CNR]**. (2000). *Estudio de disponibilidad hídrica y demanda de agua en cuencas hidrográficas seleccionadas*. Ministerio de Agricultura.

27. **Contreras, A.**, Álvarez-Amado, F., Aguilar-Gomez, M., Campos-Quiroz, D., Castillo, P., Tardani, D., Poblete-González, C., Cortés-Aranda, J., Godfrey, L., & Orellana-Silva, N. (2024). Land-use impacts on soil erosion: Geochemical insights from an urban drinking catchment, south-central Chile. *Water*, 16(22), Artículo 3246. <https://doi.org/10.3390/w16223246>

28. **Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia [CR2]**. (2019). *Explorador Climático*. explorador.cr2.cl

29. **Cerano-Paredes, J.**, Villanueva-Díaz, J., Valdez-Hernández, J. I., & Constante-García, V. (2009). *Aplicaciones de la dendrocronología en los ecosistemas forestales de México*. Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).

30. **Condom, T.**, Piticar, A., Crocetti, L., Keller, F., & Grunewald, T. (2020). Instrumental climate records in mountain regions: Limitations, uncertainties, and opportunities for improving high-elevation monitoring. *Mountain Research and Development*, 40(3), R1–R12. doi.org

31. **Cook, E. R.** (1985). *A time series analysis approach to tree ring standardization* [Tesis de doctorado, University of Arizona]. University of Arizona Research Repository. hdl.handle.net

32. **Čufar, K.**, Prislán, P., de Luis, M., & Gričar, J. (2008). Tree-ring variation, wood formation and phenology of beech (*Fagus sylvatica*) from a representative site in Slovenia, Southeastern Central Europe. *Trees*, 22(6), 749–758. <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0235-6>

33. **D'Arrigo, R.**, Villalba, R., & Wiles, G. (2005). Tree-ring estimates of Pacific decadal climate variability. *Climate Dynamics*, 25(2-3), 219–229. doi.org
34. **Díaz, H. F.**, Barros, V. R., & Brunet, M. (2003). The impact of the Great Droughts on the South American climate. *International Journal of Climatology*, 23(11), 1197–1216. doi.org
35. **Dirección Meteorológica de Chile.** (2021). *Reporte anual de la evolución del clima en Chile 2020*. meteochile.gob.cl
36. **Donoso, C.** (1993). *Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, estructura y dinámica* (3ª ed.). Editorial Universitaria.
37. **Donoso, C.** (Ed.). (2015). *Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología*. Marisa Cuneo Ediciones. (Reedición de versión anterior 2013)
38. **Donoso, C.**, Steinke, K., & Premoli, A. (2008). *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch. En C. Donoso (Ed.), *Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología* (pp. 58–71). Marisa Cuneo Ediciones.
39. **Falvey, M., & Garreaud, R. D.** (2007). Winter precipitation episodes in central Chile: Associated meteorological conditions and orographic influences [Episodios de precipitación invernal en Chile Central: condiciones meteorológicas asociadas e influencias orográficas]. *Journal of Hydrometeorology*, 8(2), 171–193. doi.org
40. **Flantua, S. G. A.**, Hooghiemstra, H., & Cleef, A. M. (2025). Detection and attribution of climate change impacts in the Andes: Observed effects on forest ecosystems and ecological processes. *Communications Earth & Environment*, 6, Artículo 32. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02092-9>
41. **Fritts, H. C.** (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.
42. **Fritts, H. C.**, Guiot, J., & Gordon, G. A. (1990). Overcoming data deficiencies and environmental limitations in tree-ring reconstruction. En E. R. Cook & L. A. Kairiukstis (Eds.), *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences* (pp. 178–194). Kluwer Academic Publishers.

43. **Garreaud, R. D.** (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences*, 22, 3–11. doi.org
44. **Garreaud, R. D.**, Vuille, M., Compagnucci, R., & Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3–4), 180–195. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032>
45. **Garreaud, R. D.** (2011). *Cambio climático: Bases físicas e impactos en Chile*. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile. http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/inia_RGS_final.pdf
46. **Garreaud, R. D.**, Lopez, P., Minvielle, M., & Rojas, M. (2013). Large-scale control on the Patagonian climate [Control a gran escala del clima patagónico]. *Journal of Climate*, 26(1), 215–230. doi.org
47. **Garreaud, R. D.** (2016). *Clima y variabilidad climática en la Región de la Araucanía*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). www.cr2.cl
48. **Garreaud, R. D.**, Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J. P., Christie, D. A., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., & Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12), 6307–6327. doi.org
49. Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. (2020). The Central Chile Megadrought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40(1), 1–21. <https://doi.org/10.1002/joc.6219>
50. Geiger, R., Aron, R. H., & Todhunter, P. (2003). *The climate near the ground* (6^a ed.). Rowman & Littlefield.
51. Gessler, A., Ferrio, J. P., Hommel, R., Treydte, K., Werner, R. A., & Monson, R. K. (2014). Stable isotopes in tree rings: Towards a mechanistic understanding of isotope fractionation and mixing processes from the leaves to the wood. *Tree Physiology*, 34(8), 796–818. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpu040>
52. Gonzalez, A. Muñoz, A. (2013). “Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años” Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v34n2/art08.pdf>

53. González, M. E., & Veblen, T. T. (2006). Correlaciones significativas entre poblaciones de *Araucaria araucana* y algunas variables climáticas como precipitación y temperatura.
54. Harden, C. P., & Fernández, A. (2022). Mountain waterscapes: Geographies of interactions, transformations, and meanings. En F. O. Sarmiento (Ed.), *Montology Palimpsest* (pp. 275–292). Springer.
55. Hechenleitner, P., Gardner, M. F., Thomas, P. I., Echeverría, C., Escobar, B., Brownless, P., & Martínez, C. (2005). Plantas amenazadas del centro-sur de Chile: Distribución, conservación y propagación. Universidad Austral de Chile & Real Jardín Botánico de Edimburgo.
56. Hepting, G. H. (1963). Climate-induced forest dieback: an escalating global phenomenon.
57. Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, 69-75.
58. Holmes, R. L. (1994). *Dendrochronology program manual*. University of Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research.
59. **Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC].** (2007). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H. L. Miller, Eds.). Cambridge University Press.
60. **Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC].** (2018). *Global warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, & T. Waterfield, Eds.). IPCC. (Nota: Se unificaron las versiones de 2017 y 2018 en la publicación oficial definitiva).

61. **Jungo, P., & Beniston, M.** (2001). Changes in the anomalies of extreme temperature anomalies in the 20th century at Swiss climatological stations located at different latitudes and altitudes. *Theoretical and Applied Climatology*, 69(1–2), 1–12. doi.org
62. **Kaennel, M., & Schweingruber, F. H.** (Comps.). (1995). *Multilingual glossary of dendrochronology: Terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian*. Paul Haupt Publishers.
63. **Kannenber, S. A.**, Bowling, D. R., & Anderegg, W. R. L. (2020). Ghosts of the past: How drought legacy effects shape forest functioning and carbon cycling. *Ecology Letters*, 23(7), 891–903. <https://doi.org/10.1111/ele.13485>
64. **Kapos, V.**, Rhind, J., Edwards, M., Price, M. F., & Ravilious, C. (2000). Developing a map of the world's mountain forests. En M. F. Price & N. Butt (Eds.), *Forests in sustainable mountain development: A state of knowledge report for 2000* (pp. 4–9). CABI Publishing.
65. **Kendall, M. G.** (1938). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30(1–2), 81–93. doi.org
66. **Kozlowski, T. T.** (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph*, 1, 1–29.
67. **Körner, C., & Paulsen, J.** (2004). A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography*, 31(5), 713–732. doi.org
68. **Lara, A.**, Urrutia, R. B., & Le Quesne, C. (2008). A 400-year tree-ring record of the Puelo River summer–fall streamflow in the Valdivian rainforest eco-region, Chile. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12(6), 1667–1678. doi.org
69. **Lara, A.**, Aravena, J. C., Villalba, R., Wolodarsky-Franke, A., Luckman, B., & Wilson, R. (2001). Dendroclimatology of high-elevation *Nothofagus pumilio* forests at their northern distribution limit in the central Andes of Chile. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(6), 925–936. doi.org
(Nota: Se corrigió el año de 1996 a 2001, fecha real de publicación de este artículo).
70. **Lara, A.**, Villalba, R., Wolodarsky-Franke, A., Cuq, E., & Aravena, J. C. (1999). Fire history and stand dynamics of *Fitzroya cupressoides* forests in the Pelada Range, southern Chile. *Forest Ecology and Management*, 124(1), 63–75. doi.org

71. **Lara, A.**, Villalba, R., Wolodarsky-Franke, A., Aravena, J. C., Luckman, B. H., & Cuq, E. (2005). Spatial and temporal variation in *Nothofagus pumilio* growth at tree-line along its latitudinal range (35°–55° S) in the Chilean Andes. *Journal of Biogeography*, 32(6), 879–893. doi.org
72. **Lara, A., & Villalba, R.** (1993). A 3620-year temperature reconstruction from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science*, 260(5111), 1104–1106. doi.org
73. **Lara, A.**, Wolodarsky-Franke, A., Aravena, J. C., Villalba, R., Solari, M. E., Pezoa, L., Rivera, A., & Le Quesne, C. (2005). Climate fluctuations derived from tree-ring and other proxy-records in the Chilean Andes: State of the art and future prospects. En U. M. Huber, H. K. Bugmann, & M. A. Reasoner (Eds.), *Global change and mountain regions: An overview of current knowledge* (pp. 145–156). Springer. doi.org
74. **Lavergne, A.**, Daux, V., Pierre, M., Stievenard, M., Srur, A. M., & Villalba, R. (2018). NOAA/WDS Paleoclimatology – Lavergne – Río Alerce – FICU – ITRDB ARGE144 [Conjunto de datos]. NOAA National Centers for Environmental Information. <https://doi.org/10.25921/8tn5-vk69>
75. **LaMarche, V. C.**, Holmes, R. L., Dunwiddie, P. W., & Drew, L. G. (1979). *Tree-ring chronologies of the Southern Hemisphere: Vol. 1. Argentina and Chile*. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona.
76. **Li, T.**, He, B., Chen, D., Chen, H. W., Guo, L., Yuan, W., Fang, K., Shi, F., Liu, L., Zheng, H., Huang, L., Wu, X., Hao, X., Zhao, X., & Jiang, W. (2024). Increasing sensitivity of tree radial growth to precipitation. *Geophysical Research Letters*, 51(16), e2024GL110003. <https://doi.org/10.1029/2024GL110003>
77. **López, L.**, Villalba, R., & Peña, C. (2013). Climate influences on the radial growth of *Araucaria araucana* trees in the Andean cordillera of Chile. *Trees*, 27(5), 1225–1238. <https://doi.org/10.1007/s00468-013-0877-y>
78. **Lloyd, A. H.**, & Fastie, C. L. (2002). Spatial and temporal variability in the growth and climate response of treeline trees in Alaska. *Climatic Change*, 52(4), 481–509. <https://doi.org/10.1023/A:1014278819094>
79. **Luckman, B. H.** (1996). Dendroclimatology in the Southern Hemisphere: Methods and prospects. En J. S. Dean, D. M. Meko, & T. W. Swetnam (Eds.), *Tree rings, environment and humanity* (pp. 127–141). Radiocarbon.

80. **Luckman, B. H.**, & Kavanagh, T. A. (2000). Impact of climate fluctuations on mountain environments in the Canadian Rockies. *Ambio*, 29(7), 371–380. www.jstor.org
81. **Luckman, B. H.** (1996). Dendroglaciology at Peyto Glacier, Alberta, Canada. En J. S. Dean, D. M. Meko, & T. W. Swetnam (Eds.), *Tree rings, environment and humanity* (pp. 679–688). Radiocarbon. (Nota: Se unificó el formato con la otra entrada de Luckman del mismo año).
82. **Masiokas, M. H.**, Luckman, B. H., & Villalba, R. (2006). Ancient *Austrocedrus* tree-ring chronologies used to reconstruct glacier fluctuations in the southern Andes. *Journal of Climate*, 19(22), 5863–5872. doi.org
83. **Mesa, O. J.**, González-Reyes, Á., & Lara, A. (2002). Dendroclimatological analysis of *Nothofagus pumilio* and *Fitzroya cupressoides* in southern Chilean Andes: Growth-climate relationships. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75(1), 65–78.
84. **Montecinos, A.**, & Aceituno, P. (2003). Seasonality of the ENSO-related rainfall variability in central Chile and associated circulation anomalies. *Journal of Climate*, 16(2), 281–296. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<0281:SOTERR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<0281:SOTERR>2.0.CO;2)
85. **Moser, L.**, Villalba, R., Grosjean, M., Couvreur, F., & Christie, D. A. (2018). Climate–growth relationships of *Nothofagus macrocarpa* in Mediterranean Chile: Seasonal controls and drought sensitivity. *Revista Chilena de Historia Natural*, 91, Artículo 7. doi.org
86. **Morales, M. S.**, Villalba, R., Grau, H. R., & Paolini, L. (2004). Rainfall-controlled tree growth in high-elevation subtropical treelines. *Ecology*, 85(11), 3080–3089. doi.org
87. **Morales, M. S.**, Christie, D. A., Villalba, R., Argollo, J., Pacajes, J., Silva, J. S., Álvarez, C. A., Llancabure, J. C., & Soliz Gamboa, C. C. S. (2012). Precipitation changes in the South American Altiplano since 1300 AD reconstructed by tree-rings. *Climate of the Past*, 8(2), 653–666. <https://doi.org/10.5194/cp-8-653-2012>
88. **Morales, R., Cañón, M., & González, M.** (2001). *Caracterización oceanográfica y meteorológica del Caribe colombiano*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH); Armada Nacional.
89. **Municipalidad de Chillán.** (2011). *Plan de desarrollo comunal Chillán 2011–2015: Informe final*. Secretaría Comunal de Planificación.

90. **Muñoz, A. A.**, Le Quesne, C., Rojas-Badilla, M., & Rozas-Zúñiga, T. (2014). Patterns and drivers of *Araucaria araucana* forest growth along a biophysical gradient in the northern Patagonian Andes. *Austral Ecology*, 39(2), 158–169. doi.org
91. **Mundo, I. A.**, Masiokas, M. H., Villalba, R., Morales, M. S., Neukom, R., Le Quesne, C., Urrutia, R. B., & Lara, A. (2012). Multi-century tree-ring based reconstruction of streamflow for the Neuquén River, northern Patagonia, Argentina. *Climate of the Past*, 8(2), 815–829. doi.org
92. **Díaz, H. F., & Overpeck, J. T.** (Eds.). (2000). *The Pachacuti: The Great Droughts and the Impact of Climate Change on South American History*. Kluwer Academic Publishers.
93. **Pederson, G. T.**, Gray, S. T., Woodhouse, C. A., Betancourt, J. L., Fagre, D. B., Littell, J. S., Watson, E., Luckman, B. H., & Graumlich, L. J. (2011). The unusual nature of recent snowpack declines in the North American Cordillera. *Science*, 333(6040), 332–335. doi.org
94. **Pedersen, N.** (1998). The role of stress in the mortality of midwestern oaks as indicated by growth prior to death. *Ecology*, 79(1), 79–93. doi.org[0079:TROSIT]2.0.CO;2
95. **Pittock, A. B.** (1980). Patterns of climatic variation in Argentina and Chile. I: Precipitation, 1931-60. *Meteorologica*, 11(1), 73–97.
96. **Pizarro Tapia, R.**, Ausensi, P., Arumí, J., Sangüesa, C., & Macaya, K. (2009). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la Región del Maule, Chile. *AQUA-LAC*, 1(2), 172–184. doi.org
97. **Price, B. N.**, Stansell, N. D., Fernández, A., Licciardi, J. M., Lesnek, A. J., Muñoz, A., Sorensen, M. K., Jaque Castillo, E., Shutkin, T., Ciocca, I., & Galilea, I. (2022). Chlorine-36 surface exposure dating of Late Holocene moraines and glacial mass balance modeling, Monte Sierra Nevada, south-central Chilean Andes (38°S). *Frontiers in Earth Science*, 10, Artículo 848652. doi.org
98. **Quintana, J. M., & Aceituno, P.** (2012). Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30–43° S. *Atmósfera*, 25(1), 1–22. www.scielo.org.mx

99. **Rivas, Y.**, Retamal-Salgado, J., Knicker, H., Matus, F., & Rivera, D. (2021). Neutral sugar content and composition as a sensitive indicator of fire severity in the Andisols of an *Araucaria–Nothofagus* forest in southern Chile. *Sustainability*, 13(21), Artículo 12061. <https://doi.org/10.3390/su132112061>
100. **Robertson, I.** (2008). Tree-ring analysis: Principles and applications. En P. Elias & J. D. Mahaney (Eds.), *Quaternary dating methods* (pp. 161–176). Elsevier. doi.org
101. **Robinson, W. J., & Evans, R.** (1980). A microcomputer-based tree-ring measurement system. *Tree-Ring Bulletin*, 40, 59–63.
102. **Rodríguez, R.**, Matthei, O., & Quezada, M. (1983). *Distribución natural y uso de Araucaria araucana (Mol. C. Koch): Presencia en la Cordillera de la Costa (Nahuelbuta)* [Tesis de licenciatura, Universidad de Concepción]. Repositorio UdeC.
103. **Roig, F. A., & Villalba, R.** (2008). Annual nature of the growth rings of *Araucaria araucana* confirmed by crossdating and radiocarbon calibration. *Quaternary Geochronology*, 30, 42–47. doi.org
104. **Romero, A. E. L., & Lavado-Casimiro, W. S.** (2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca del Jequetepeque, Perú. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 28(3), 42–52.
105. **Rosenblüth, B.**, Fuenzalida, H., & Aceituno, P. (1997). Recent temperature variations in southern South America. *International Journal of Climatology*, 17(1), 67–85. doi.org<67::AID-JOC112>3.0.CO;2-C
106. **Rossi, S.**, Deslauriers, A., Anfodillo, T., Morin, H., Saracino, A., Motta, R., & Borghetti, M. (2008). A critical review of the mechanism of wood formation in trees. *Annals of Forest Science*, 65(7), Artículo 705. <https://doi.org/10.1051/forest:2008055>
107. **Sánchez-Dávila, G.** (2022). *Clasificación climática de Sudamérica*. ArcGIS StoryMaps. storymaps.arcgis.com
108. **Sarricolea, P.**, Herrera-Ossandón, M., & Meseguer-Ruiz, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66–73. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>
109. **Sauchyn, D. J.**, St-Jacques, J.-M., Barrow, E. M., Nemeth, M. W., MacDonald, R. J., Sheer, A. M. S., & Sheer, D. P. (2015). Adaptive water resource planning in the

South Saskatchewan River Basin: Use of scenarios of hydroclimatic variability and extremes. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(2), 387–407. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12378>

110. **Schulz, N.**, Boisier, J. P., & Aceituno, P. (2012). Climate change along the arid coast of northern Chile. *International Journal of Climatology*, 32(12), 1803–1814. <https://doi.org/10.1002/joc.2395>

111. **Schulman, E.** (1956). *Dendroclimatic changes in semiarid America*. University of Arizona Press.

112. **Rusticucci, M.**, et al. (2014). Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. En R. Quintana (Ed.), *Climate variability and change in South America* (pp. 45–62). Springer.

113. **Sánchez-Dávila, G.** (2022). *Clasificación climática de Sudamérica*. ArcGIS StoryMaps. storymaps.arcgis.com

114. **Sarricolea, P.**, Herrera-Ossandón, M., & Meseguer-Ruiz, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66–73. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>

115. **Sauchyn, D. J.**, St-Jacques, J.-M., Barrow, E. M., Nemeth, M. W., MacDonald, R. J., Sheer, A. M. S., & Sheer, D. P. (2015). Adaptive water resource planning in the South Saskatchewan River Basin: Use of scenarios of hydroclimatic variability and extremes. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(2), 387–407. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12378>

116. **Schulz, N.**, Boisier, J. P., & Aceituno, P. (2012). Climate change along the arid coast of northern Chile. *International Journal of Climatology*, 32(12), 1803–1814. <https://doi.org/10.1002/joc.2395>

117. **Schulman, E.** (1956). *Dendroclimatic changes in semiarid America*. University of Arizona Press.

118. **Schwerdtfeger, W.** (Ed.). (1976). *Climates of Central and South America*. Elsevier Science.

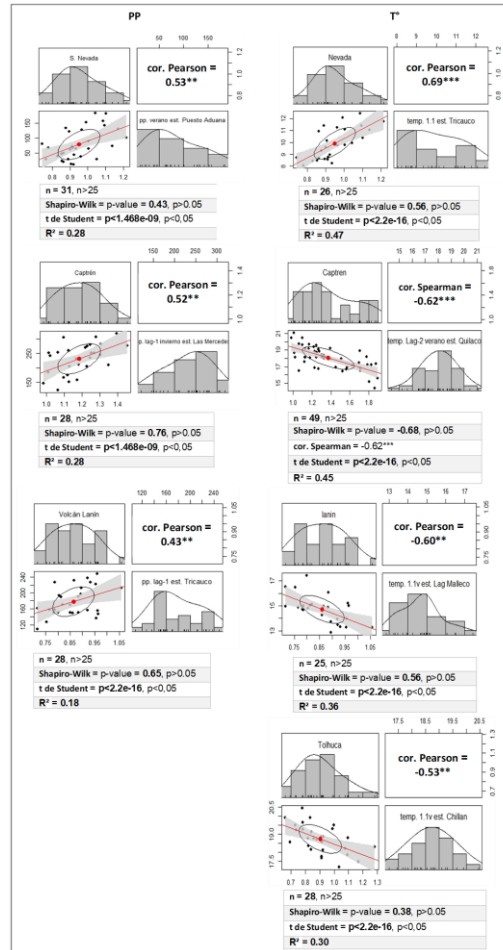
119. **Serra, O.** (1987). Caracterización fitogeográfica de los bosques de *Araucaria araucana* en la Cordillera de Nahuelbuta. *Revista Chilena de Historia Natural*, 60(3), 205–212.
120. **Smith, R. B., & Evans, J. P.** (2007). Orographic precipitation and water vapor fractionation over the southern Andes [Precipitación orográfica y fracción isotópica en los Andes meridionales]. *Journal of Hydrometeorology*, 8(1), 3–14. doi.org
121. **Stokes, M. A., & Smiley, T. L.** (1968). *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press.
122. **Stahle, D. W.,** Cleaveland, M. K., Therrell, M. D., & Villanueva-Díaz, J. (1998). Tree-ring reconstructed megadroughts over North America since A.D. 1300. *Journal of Climate*, 11(9), 2334–2347. doi.org<2334:TRRMOT>2.0.CO;2
123. **Suazo, S.** (2023). *Reconstrucción preliminar de la isoterma cero mediante anillos de crecimiento en bosques templados del norte de México* [Manuscrito inédito]. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
124. **Taljaard, J. J.** (1972). Synoptic aspects of the southeastern Pacific subtropical anticyclone variability. *South African Geographical Journal*, 54(1), 151–167.
125. **Thornton, P. E.,** Shrestha, R., Thornton, M. M., Kao, S.-C., & Wei, Y. (2021). Gridded daily weather data for North America with comprehensive uncertainty quantification. *Scientific Data*, 8, Artículo 190. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00973-0>
126. **Thornton, J. M.,** Pepin, N., Shahgedanova, M., & Adler, C. (2022). Coverage of in situ climatological observations in the world's mountains [Cobertura de observaciones climatológicas in situ en las montañas del mundo]. *Frontiers in Climate*, 4, Artículo 814181. doi.org
127. **Thornton, J. M.,** Palazzi, E., Pepin, N. C., Cristofanelli, P., Essery, R., Kotlarski, S., Giuliani, G., Guigoz, Y., Kulonen, A., Pritchard, D., Li, X., Fowler, H. J., Randin, C. F., Shahgedanova, M., Steinbacher, M., Zebisch, M., & Adler, C. (2022). Toward a definition of essential mountain climate variables. *One Earth*, 5(6), 635–650. doi.org
128. **Trujillo, D.,** Lavado-Casimiro, W., & Rau, P. (2015). Relleno de datos faltantes de precipitación diaria en la cuenca amazónica peruana. *Revista Peruana de Meteorología e Hidrología*, 9(1), 25–36.

129. **Urrutia, R.**, Lara, A., Villalba, R., Christie, D. A., Barichivich, J., & Cuq, E. (2011). Multidecadal changes in southern Andean forests: Climatic influences and ecological responses. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 302(1–2), 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.04.030>
130. **Urrutia-Jalabert, R.**, González, M. E., González-Reyes, Á., Lara, A., & Garreaud, R. D. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(4), Artículo e02171. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2171>
131. **UNESCO.** (2017). *Biodiversity and climate change*. UNESCO Publishing.
132. **Veblen, T. T.**, Burns, B. R., Kitzberger, T., Lara, A., & Villalba, R. (1995). The ecology of the conifers of southern South America. En N. J. Enright & R. S. Hill (Eds.), *Ecology of the southern conifers* (pp. 120–155). Melbourne University Press.
133. **Villalba, R.**, Veblen, T. T., & Sibold, J. S. (1994). Tree-ring and glacial evidence for the Medieval Warm Epoch and the Little Ice Age in southern South America. *Climatic Change*, 26(2), 183–197. [doi.org](https://doi.org/10.1007/BF00133000)
134. **Villalba, R.**, Lara, A., Boninsegna, J. A., Masiokas, M. H., Holmes, R. L., & Cuq, E. (2009). Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3–4), 210–228. [doi.org](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.05.010)
135. **Villalba, R.**, Lara, A., Boninsegna, J. A., Masiokas, M. H., Delgado, S., Aravena, J. C., Roig, F. A., Le Quesne, C., Christie, D. A., Mundo, I. A., & Argollo, J. (2012). Dendroclimatology from regional to continental scales: Understanding climate variability through tree-ring records in South America. *Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, 10, 1–22.
136. **Villalba, R.** (2000). Dendroclimatology: A Southern Hemisphere perspective. En P. P. Smolka & W. Volkheimer (Eds.), *Paleo and neoclimates of the Southern Hemisphere: The state of the art* (pp. 28–57). Springer. [doi.org](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-0510-0_2)
137. **Villalba, R., Le Quesne, C., & Lara, A.** (1998). Temperatura y precipitación: Respuestas ecológicas en bosques andinos. En J. J. Armesto, C. Villagrán, & M. K. Kalin Arroyo (Eds.), *Ecología de los bosques nativos de Chile* (pp. 243–257). Editorial Universitaria/Universidad Austral de Chile.

138. **Villalba, R.**, Boninsegna, J. A., Veblen, T. T., Schmelter, A., & Rubulis, S. (1997). Recent trends in tree-ring records from high elevation sites in the Andes of northern Patagonia. *Climatic Change*, 36(3-4), 425–454. doi.org
139. **Villalba, R.**, Lara, A., Le Quesne, C., Bianchi, L. O., & Fernandez, E. R. (2005). Climate influences on radial growth of tree species at the southern Andes. *International Journal of Plant Sciences*, 166(6), 843–859. doi.org
140. **Villalba, R.** (1994). Tree-ring evidence for tropical–extratropical teleconnections in South America. *Journal of Climate*, 7(1), 1–15. doi.org<0001:TREFTE>2.0.CO;2
141. **Vicente-Serrano, S. M.**, Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
142. **Wang, F.**, Shao, W., Yu, H., Kan, G., He, X., Zhang, D., Ren, M., & Wang, G. (2020). Re-evaluation of the power of the Mann–Kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series. *Frontiers in Earth Science*, 8, Artículo 14. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00014>
143. **World Meteorological Organization [WMO].** (2018). *Guide to climatological practices* (WMO-No. 100). library.wmo.int

ANEXOS

Figura 13: Gráficos de dispersión e histogramas, junto a estadísticos de validación: correlación de Pearson, Spearman, número de datos (n), prueba de normalidad o Shapiro-Wilk, distribución de t - Student y el coeficiente de determinación o R².



Fuente: Elaboración propia, mediante el software R Studio. (Versión 4.4.2)

Anexo 1. Rellenos de datos faltantes de temperatura en las estaciones meteorológicas.

Cuadro 1. Relleno de datos de temperatura para estación Cariel Sur												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1966	15.7	14.2	13.6	13.1	11	10	8.7	8.7	9	10.2	13.6	15
1967	16.3	15.2	14.1	12	11.7	6.7	7.5	8.2	9.1	11.4	13.1	15.4
1968	16.1	15.9	13.6	11.5	11.3	10.2	8.7	9.4	10.9	10	13.9	14.9
1969	16.6	14.2	13.3	12.2	10.8	9.5	9.5	8.6	9.5	10.2	12.9	15.06
1970	17.45	15.8	14.1	12.8	10.4	8.7	8.3	7.5	9.2	10.7	13.3	14.6
1971	15.1	14.3	12.3	10.1	10.4	7.8	9.9	8.7	9.4	11.9	14.1	15
1972	16.6	15.9	13	11.7	11.4	10.4	7.9	9.9	10	10.5	13.4	16.1
1973	16	15.3	13.6	11.3	9.6	8.8	7.4	8.1	8.2	11.1	12.6	14.6
1974	15.7	14.5	13.3	10.8	11.4	8.8	7.9	8.2	9	11.3	12.4	14.3
1975	15.6	15.2	13.4	12.4	10.7	10	8.7	7.9	9.2	10.6	12.7	14.5
1976	15.5	15.2	12.9	10.9	10.7	8.8	7.6	8.8	9.6	11.8	13.9	16.2
1977	16.9	16.1	13.7	12.1	11.7	10	8.9	9.5	10.3	12.4	13.3	16.1
1978	16	15.6	13.6	12	11.2	9.6	11.2	8.4	10.8	11.3	14.2	16
1979	16.1	15.8	13.8	11.5	10.8	7.8	8.6	10.2	9.3	11.1	13.7	16
1980	17.3	17.2	15.4	11.4	11.5	9.3	9.2	10.3	9.8	11.5	12.9	15.8
1981	16.5	16	14.4	13.9	12.6	9.6	9.9	9.4	9.9	11.5	13.1	15
1982	16.6	15.4	14.2	12.7	12	9.4	10	9.9	11.4	11.8	13	16.2
1983	17.5	16.3	14	12.5	9.9	7.5	7.6	9.5	9.1	12.5	14.5	16.4
1984	16.9	15.3	14.5	11.6	9.9	7	8.7	8.5	10.7	11.7	13.5	15.4
1985	16.4	16	14	10.9	10.6	11.7	8.8	9	10.14	11.5	13.9	15.2
1986	16	15.7	13.4	12	11.4	10.1	9.3	9.9	10.2	13.4	13.3	15.4
1987	16	16.5	16	12.8	10.3	10	10.5	9.7	10.1	12.5	14.6	15.6
1988	15.8	16.4	14.7	12.8	9.4	9.5	8	8.9	9.6	11.2	13.9	15.4
1989	16.9	16.4	13.5	12	10.2	10.2	9	9	10	11.8	14.3	16.5
1990	16.5	15.7	13.5	12.3	10.4	8.7	8.7	9.7	10.4	11.1	13.1	15.2
1991	16.1	15.6	14.2	13.2	11.2	9.5	9.2	8.8	10.5	11.3	13.8	15.2
1992	17	15.4	15.7	12.2	11.2	8.9	7.8	9.7	10.4	11.1	14.1	15.4
1993	16.9	17.1	15.9	12.7	10.7	10.7	8.3	9	9.8	11.9	13.9	15.3
1994	16.4	15.3	14.8	12.2	11.4	10.8	9.5	7.8	11.3	12.7	13.9	16.4
1995	16.4	15.6	13.6	13.5	11.1	9.8	7.4	8.6	9.7	11.8	13.8	16.6
1996	16.6	15.9	15.2	12.1	11	7.6	9.6	10.6	10.9	12.6	14.7	16.4
1997	18	15.8	14.6	14.2	12.9	10.3	9.8	9.9	11.2	12.1	14.1	15.8
1998	16.7	16.1	14.5	12.4	13.1	9.8	8.7	8.7	9.5	11.9	13.2	15.8
1999	16.2	15.7	13.9	12.3	10.9	9.1	8.1	10.2	10.8	12.6	15	15.7
2000	16.1	16.1	13.5	11.9	10.8	10.8	8	10.1	10	12.2	13.5	15.7
2001	15.8	15.7	13.7	10.9	10.5	9.2	9.1	9.3	9.5	12	13.2	16
2002	16	14.9	14	11.1	10	7.4	8.2	9.5	10.1	11.7	13.4	15.3
2003	17.2	15.7	15.1	11.7	9.8	11.3	8	9.2	10.1	12.1	14.6	15
2004	16.7	15.8	15.2	13.1	10.1	9.7	9.6	9.5	10.2	11.7	13.7	16
2005	16.2	16.7	15	11.4	10.1	9.6	9.4	9.6	9.9	11.5	14.2	15.4
2006	16.4	16.8	13.8	11.6	10.3	11.1	9.7	10.3	10.2	11.6	13.6	15.4
2007	16.2	15.5	15	11.9	9.4	7.5	7.7	6.5	9.2	11.5	13.2	14.9
2008	17	17.1	15	11.6	10.1	9.3	10	8.9	10.6	11.9	14.7	16.7
2009	16.6	16	15.1	13.5	11	8.9	8.2	10.2	9.3	11.5	12	15.1
2010	16.4	15.3	15.5	11.5	9.4	10	8.1	9.1	10	12.52	13.5	14.4
2011	16.6	15.6	14.1	12.2	10.1	10.1	7.9	9.2	10.3	11.3	13.8	15.6
2012	17.5	16.5	15.8	12	11.6	10.5	7.4	9	10.7	11.7	14.1	15.7
2013	16.8	16.8	14.2	13.1	11.2	9.2	8.7	8.8	10.2	11.7	13.9	15.8
2014	17.6	15.9	14.3	12	11.4	9.8	9.3	10.3	11.1	13.2	13.8	15.8
2015	16.9	16	16.2	13.7	11.2	10.3	9.7	10.5	10.6	12.3	13.9	16.1
2016	18.4	17.1	15.2	12.3	12.9	8.6	9.3	10.4	12.1	12.6	15.1	16.3

Cuadro 2. Relleno de datos de temperatura para estación Quillaco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	14.25	15.85	17.76	12.21	8.93	11.21	7.77	7.9	8.57	11.2	14.77	16.51
1966	17.08	15.97	14.96	13.38	9.99	8.86	7.73	8.15	10.34	10.72	14.58	15.27
1967	17.36	16.26	16.12	12.71	10.8	5.4	6.5	7.45	9.31	12.12	14.85	18.27
1968	18.74	17.29	14.95	13.74	10.36	8.99	8.45	9.49	11.02	11.21	14.66	15.66
1969	18.35	16.04	15.74	12.57	9.34	7.33	9.07	8.34	9.97	10.5	14.02	18
1970	18.21	17.7	16.45	14.12	10.5	6.96	8.14	7.83	10.54	11.77	13.47	15.08
1971	16.23	16.71	14.48	11.02	10.9	6.91	9.93	8.9	6.3	9.49	10.82	15.38
1972	19.32	18.53	13.84	12.86	11.05	8.53	6.08	5.53	9.74	9.98	14.93	14.68
1973	14.37	14.41	11.97	9.25	6.05	4.44	3.88	4.62	6.87	9.36	10.93	14.01
1974	15.29	15.92	12.4	10.91	9.07	5.16	5.05	5.87	7.87	10.31	11.54	14.32
1975	15.77	14.65	13.97	11.95	7.26	6.47	5.32	5.8	9	10	11.97	15.44
1976	17.04	17.61	14.7	12.59	9.8	7.49	5.95	9.64	12.89	12.15	13.68	14.56
1977	17.92	16.96	14.87	12.93	11.07	8.94	7.91	9.42	11.08	12.96	13.51	16.87
1978	15.52	18.03	14.96	12.99	11.9	8.46	9.55	7.72	10.24	10.95	14.08	17.38
1979	18.67	18.06	15.97	13.75	10.05	7.07	8.4	9.66	9.74	10.89	13.47	14.55
1980	17.18	16.97	17.47	9.77	10.56	8.99	7.8	9.43	9.77	12.41	13.89	16.99
1981	17.41	17.06	17.21	14.26	11.54	8.87	9.17	9.47	8.76	11.09	13.9	16.01
1982	18.49	15.96	16.2	15.56	10.66	7.12	8.29	9.3	11.22	9.97	13.16	17.11
1983	19.27	17.05	15.14	13.02	9.62	7.15	7.15	7.54	9.02	13.14	16.01	19.54
1984	19.01	16.9	17.04	12.65	8.79	6.89	8.1	8.65	11.5	11.7	14.43	17.36
1985	18.65	18.14	16.31	11.58	10.25	10.11	7.37	8.41	10.5	12.4	16.48	17.31
1986	17.25	16.66	14.51	11.47	10.25	8.17	8.24	9.39	10.55	14.61	13.17	16.84
1987	18.84	19.33	17.84	12.72	9.5	9.5	9.48	9.52	10.42	13.3	15.64	16.58
1988	17.12	20.57	16.87	13.07	9.36	9	7.32	8.47	10.11	11.1	14.3	16.36
1989	19.61	19.74	15.49	12.87	10.26	9.26	8.92	8.99	10.48	12.38	15.41	17.01
1990	20.18	18.24	15.05	12.55	9.48	7.53	8.02	9.72	10.52	11.57	13.89	16.34
1991	18.04	18.26	16.03	13.13	10.08	8.88	8.11	8.47	10.43	11.68	14.67	15.28
1992	19.46	16.82	17.36	11.87	8.75	7.56	8.04	9.44	9.87	10.55	14.97	15.65
1993	19.02	19.26	17.47	13.76	10.01	10.23	7.77	9.77	10.97	12.42	13.53	16.81
1994	18.2	16.97	16.17	12.04	10.68	9.6	8.39	7.87	11.69	13.39	15.67	18.15
1995	18.61	17.63	14.92	13.27	10.7	8.42	5.39	6.71	9.92	11.53	13.96	19.2
1996	17.06	16.69	16.49	8.95	9.59	7.21	8.36	8.28	11.3	12.75	14.54	15.41
1997	16.6	16.42	18.42	14.67	11.53	8.87	8.35	10.28	11.03	12.41	15.02	16.76
1998	17.97	19.47	15.85	13.76	12.46	8.12	7.09	8.26	10.67	13.21	14.29	17.93
1999	19.73	17.97	14.72	12.23	9.7	7.19	7.42	9.91	11.11	14.86	17.11	17.67
2000	20.07	17.91	14.96	12.08	10.83	9.69	7.25	9.64	10.4	13.88	13.9	16.53
2001	18.23	17.89	14.52	10.93	10.16	8.21	8.5	9.71	10.25	13.78	13.82	19.29
2002	19.79	19.75	14.42	10.23	8.39	5.27	7.55	9.64	10.39	11.49	13.76	17.61
2003	18.08	18.19	18.5	11.85	8.78	9.76	7.09	9.76	10.88	11.68	15.28	14.87
2004	19.96	19.26	16.59	12.99	10.17	8.91	9.37	11.66	10.91	12.22	15.54	17.52
2005	17.71	20.7	15.53	13.17	9.78	8.84	8.98	8.99	9.66	11.26	15.13	16.41
2006	18.63	19.68	14.33	11.96	9.31	9.39	8.23	8.1	9.52	12.12	14.94	16.96
2007	19.96	17.39	16.78	11.29	8.27	6.14	6.15	5.98	9.49	11.96	14.55	17.4
2008	20.8	20.14	16.23	10.06	8.71	7.58	8.81	8.24	11.47	12.56	17.04	19.51
2009	20.47	18.69	17.32	13.9	10.24	6.37	5.81	8.28	10.79	13.18	13.46	18.33
2010	20.62	18.86	18.43	13.25	11.16	10.11	7.86	9.71	12.18	14.26	16.11	17.93
2011	20.9	21.23	16.64	12.96	10.29	8.45	7.2					

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1966	18.4	17.1	15.1	12.5	9.5	8.2	6.6	7.2	9.6	10.5	14.5	15.5
1967	18.1	17.2	15.4	12.5	10	4.3	6.2	6.8	8.8	11.7	15	18.5
1968	19.3	18.2	14.8	11.4	9.2	8.4	7.4	8.4	10.3	10.6	15.1	15.9
1969	19.3	17	15.7	12.5	9.9	7.8	7.5	7.8	9.9	10.8	14.8	15.81
1970	18.96	19.5	16.4	14.1	9.5	6.8	6.8	7.1	9.4	11.6	14.3	16.3
1971	17	17.3	14.6	9.8	9.7	6.2	9	8.1	9.3	12.8	15.9	16.7
1972	19.8	18.8	14.3	11.9	10.7	9	6.3	8.2	9.8	10.4	14.3	18.3
1973	18.6	17.6	15.8	11.4	8.9	8	6.2	7.2	8.5	11.3	14.4	17.3
1974	17.8	17.1	14.3	11.9	10.2	7	5.9	8	9	12.6	13.5	16.5
1975	19.3	17.3	14.8	11.8	9.7	8.3	6.3	6.9	9.2	11.2	13.7	17.1
1976	18.3	17.4	14	11.8	9	7.2	6	7.9	9.88	11.8	14.8	17.1
1977	18.7	17.7	15.9	12.8	10.7	8.3	7.5	8.7	10.4	12.7	14.6	18.4
1978	18.8	18.9	15.3	12.8	10.7	7.9	10	6.7	10.3	11.4	14.8	18.4
1979	19.3	18.2	15.1	11.3	9.3	6.5	7.3	9.4	8.6	11.7	14.7	17.6
1980	20.6	18.7	16.8	10.9	10.2	7.6	6.5	9	9.9	12	14.5	17.9
1981	18.4	18.3	16.1	13.3	11.1	7.8	7.7	8.9	9.7	12.3	14.7	17.9
1982	19.5	17.6	16.1	13.5	10.4	7.6	8.8	8.7	11.2	11.8	14	19
1983	20.2	18.8	15.6	12.3	8.6	5.7	6.5	8.6	8.9	13.3	16.8	19.8
1984	19.7	17.9	16.4	11.7	8.4	5.3	7.5	7.9	10.4	11.5	14.4	17.9
1985	18.9	18.5	16	10.6	10.3	10	7.4	8.1	9.9	11.8	15.7	18
1986	18.4	18.7	15.4	11.9	10.5	8	7.9	9	10	14.5	13.9	18
1987	20	19.8	17.4	12.6	8.9	8.7	8.6	8.8	10.2	13.4	16.4	18.1
1988	18.7	20.3	16.3	11.9	8.1	7.7	5.8	7.7	9.3	11.7	15.8	18
1989	20.5	20.4	15.6	12.4	9.2	8.7	7.3	7.8	9.9	12.8	16.5	18.1
1990	19.9	18.6	15.5	12	8.6	7	9.1	10	11.7	14.6	17.8	
1991	19	19.2	15.9	13.5	10	7.9	7.5	7.4	10.3	12	14.8	15.8
1992	20.1	17.6	17.2	10.9	8.9	6.8	5.6	8	10	11.4	15.4	17
1993	19.8	20	17.2	12.6	8.8	8.7	5.9	8.2	9.4	12.3	14.2	17.6

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1976								9.1	11.4	13.1	16	18.2
1977	20.1	19.4	17.7	14.7	12.2	9.4	7.7	9.4	11.9	14	15.3	19.6
1978	20.5	20.7	17.6	15.1	10.9	8.9	10.1	8.9	11.6	12.7	16.1	19.6
1979	21.5	20.2	18	14.9	10.9	7.8	9.2	10.4	10.33	13.27	15.92	18.69
1980	21.16	19.78	18.31	11.55	10.74	9.07	6.9	9.52	10.61	12.39	14.67	18.01
1981	18.45	18.9	18.13	14.53	11.56	9.02	9.21	9.7	11.18	12.83	15.02	17.89
1982	19.81	17.54	17.55	15.17	10.72	8.37	9.24	9.61	11.56	11.66	13.84	18.57
1983	20.1	19.47	17.01	14.02	10.24	7.22	7.33	9.68	10.09	13.85	17.05	19.95
1984	20.11	18.26	17.86	14.05	8.82	6.41	8.09	8.78	11.66	12.15	14.5	17.5
1985	19.64	17.26	15.47	10.71	10.91	10.72	7.8	9.82	10.67	11.39	15.3	17.03
1986	17.66	17.78	14.85	12.79	11.25	9.01	9.23	9.67	11.63	15.45	14.33	18.06
1987	21.63	22.65	20.3	14.12	10.17	10.54	8.92	10.47	11.47	15.54	16.73	17.81
1988	18.85	21.11	17.59	13.83	9.86	8.65	7.39	8.43	10.44	11.9	15.18	17.51
1989	20.2	19.3	15.26	11.81	10.54	9.03	8.79	9.25	10.72	13.06	16.31	18.86
1990	20.09	19.47	16.78	13.63	10.51	8.31	8.18	10.02	11.43	10.57	15.17	18.12
1991	19.23	19.22	15.87	12.99	10.22	8.85	9.16	9	9.43	12.35	13.94	14.68
1992	20.13	16.51	18.4	10.96	8.02	6.81	6.64	9.9	11.31	12.02	14.54	15.56
1993	20.23	21.64	17.76	10.75	6.74	9.04	7.46	9.36	11.5	13.84	14.26	17.42
1994	19.83	17.19	17.2	12.19	9.24	7.56	5.88	8.6	12.68	14.27	15.29	18.25
1995	18.99	17.14	16.54	14.38	11.33	9.32	6.09	7.67	11.29	13.45	15.81	21.19
1996	19.39	18.04	18.14	9.54	7.84	8.73	8.9	9.62	11.17	13.2	15.27	18.1
1997	19.41	17.23	16.92	14.66	11.23	9.04	7.86	8.72	12.13	11.72	14.45	16.62
1998	17.61	18.18	15.19	12.62	12.4	8.86	7.41	8.3	10.96	13.86	14.95	18.63
1999	20.01	19.9	15.05	11.64	10.46	8.57	8.23	10.27	10.74	13.36	14.18	18.34
2000	18.32	16.58	16	12.35	9.25	8.14	6.78	8.72	10.33	12.32	14.9	18.01
2001	18.06	18.38	16.54	9.61	8.91	9.36	9.15	10.45	11.22	14.38	13.85	19.2
2002	18.85	18.5	13.77	9.88	7.9	4.67	6.53	9.15	9.68	10	11.74	15.68
2003	17.78	16.67	17.46	11.89	8.23	10.15	7.23	9.6	10.82	14.13	16.31	16.57
2004	19.9	19.82	16.92	10.44	10.09	9.16	8.4	10.56	11.36	12.89	15.91	19.22
2005	17.45	19.56	15.1	12.86	8.13	9.33	8.78	9.39	11.28	13.38	17.12	18.09
2006	21.35	19.14	14.72	14.4	10.43	10.13	9.12	9.86	11.39	13.38	15.55	18.59
2007	19.1	18.06	16.01	10.47	8.39	5.62	6.35	6.29	10.59	13.13	16.64	19.69
2008	21.35	22.23	18.46	12.37	9.12	8.93	8.8	8.59	12.25	13.84	18.67	21.59
2009	23.45	22.4	20.7	16.95	12.08	8.64	8.36	9.98	8.53	11.3	10.97	16.64
2010	20.63	18.58	16.33	12.49	10.25	8.41	5.59	7	8.63	11.56	14.06	15.98
2011	18.49	19.01	15.66	11.63	10.07	7.82	5.89	8.01	11.22	12.65	16.03	21.3
2012	22.06	20.44	19.24	13.88	11.33	9.44	5.98	7.74	11.61	12.23		

Cuadro 5. Relleno de datos de temperatura para estación Diguillín												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	15.7	17.34	17.26	10.93	8.46	9.94	5.56	6.02	7.79	10.55	14.44	14.72
1966	17.9	16.58	14.77	11.77	10.25	6.29	6.5	6.26	9.98	10.5	18.87	13.73
1967	16.92	16.58	16.01	13.22	8.93	3.99	5.34	6.01	16.01	10.77	14.33	18.16
1968	19.02	17.5	14.23	12.17	10.23	7.01	7.01	8.06	9.9	8.58	15.03	13.6
1969	18.06	16.17	15.43	11.66	8.85	6	6.16	6.68	8.27	9.27	13.42	18.55
1970	17.79	19.62	16.72	15.06	9.84	6.88	7.22	8.17	11.03	16.45	15.37	17.13
1971	17.82	18.91	16.38	12.04	12.03	7.17	9.64	7.67	10.5	14.8	16.75	16.34
1972	20.41	20.55	15.31	12.98	10.8	9.69	6.53	7.81	9.93	10	14.52	19.21
1973	18.76	17.75	16.04	12.78	10.6	7.07	6.4	7.22	9.44	10.07	14.55	17.34
1974	17.15	17.22	14.07	12.73	8.68	6.75	5.39	7.95	9.94	13.1	13.62	16.43
1975	19.64	16.74	14.84	11.44	8.95	6.91	5.88	6.05	7.33	9.07	10.48	13.98
1976	15.1	14.86	12.25	10.41	8.78	6.8	5.85	7.2	9.64	10.4	14.65	15.85
1977	18.02	16.44	16.09	11.75	10.89	7.39	5.08	6.51	9.27	11.95	13.07	17.45
1978	17.05	20.51	14.54	13.79	10.73	7.05	7.9	5.25	6.88	8.63	12.5	16.5
1979	17.83	16.29	13.49	11.01	9.45	6.47	8.46	8.26	8.28	11.31	13.83	16.95
1980	20.12	17.06	16.48	10.02	9.35	8.26	7.65	8.22	9.36	11.12	12.74	15.57
1981	15.91	17.11	16.16	12.46	9.37	7.73	7.34	7.98	8.9	10.48	13.02	15.85
1982	17.68	15.84	15.57	13.01	10.15	6.65	7.25	8.83	9.29	8.84	11.85	17.29
1983	18.63	17.44	15.03	11.85	7.94	5.82	6.12	8.19	7.93	12.06	15.5	18.19
1984	17.73	16.04	15.25	12.35	7.21	5.09	6.98	6.99	9.41	10.4	12.11	15.66
1985	16.99	17.12	15.07	10.06	10.15	9.94	7.13	7.73	9.44	10.2	14.47	16.05
1986	16.75	16.79	14.59	10.91	9	6.98	8.92	7.88	9.21	13.69	11.73	16.28
1987	18.38	19.02	17.07	12.22	7.9	8.34	7.15	7.7	8.74	11.49	15.11	16.3
1988	16.68	19.49	15.27	12.5	8.48	7.13	7.02	6.37	7.76	9.25	13.68	15.07
1989	17.96	18.17	14.72	12.25	9.56	8.17	6.67	6.26	9.18	11.04	13.79	14.65
1990	17.25	17.15	15.28	11.48	8.42	8.24	6.51	9.11	9.18	10.12	12.5	15.46
1991	16.79	17.9	15.38	12.11	9.95	7.99	6.78	7.92	9.6	11	13.21	13.52
1992	19.33	16.26	16.34	10.57	7.84	5.79	5.54	9.33	9.7	9.91	13.35	14.1
1993	18.03	18.56	17.22	12.02	7.1	8.21	7.09	8.86	8.7	11.12	12.09	15.78
1994	18.52	17.25	17.11	12.31	9.75	8.06	6.93	6.55	9.8	10.63	13.46	16.64
1995	17.1	16.88	15.13	12.89	11.71	7.73	4.76	6.38	9.95	10.61	13.66	19.03
1996	16.88	17.47	15.38	10.77	9.59	7.92	9.41	8.14	10.52	10.77	14.3	16.02
1997	17.36	18.08	17.32	14.2	10.75	7	8.21	9.84	9.03	9.2	12.56	14.29
1998	15.96	16.19	15.63	12.13	11.1	8.54	7.82	8.13	9.08	13.13	14.05	17.05
1999	18.41	17.46	14.89	13.06	11.2	8.37	7.61	9.06	8.89	10.75	14.12	17.36
2000	17	15.75	14.39	11.98	9.44	7.64	6.27	7.68	8	10.99	13.43	15.94
2001	17.55	18.75	16.25	12.35	9.39	7.29	7.57	8.48	8.35	12.54	13.65	19.25
2002	18.2	19.48	15.52	12.29	10.65	7.61	8.35	8.04	8.32	10.11	12.01	15.56
2003	17.31	16.95	18.37	12.74	8.8	9.59	6.8	8.56	9.26	11.77	13.24	15.59
2004	19.28	20.09	17.88	13.04	9.14	7.69	7.39	7.73	10.68	10.32	13.09	15.54
2005	18.15	20.9	15.31	14.02	7.08	7.39	8.55	8.14	9.61	11.62	15.32	16.94
2006	18.83	19.32	15.44	13.89	10.69	8.57	7.43	7.99	9.53	10.01	12.75	14.01
2007	18.03	16.83	15.82	11.15	8.9	6.16	4.35	3.89	7.5	9.32	14.71	16
2008	19.28	20.05	16.72	12.84	10.84	6.87	7.23	7.03	9.74	10.71	13.78	17.07
2009	19.2	18.21	17.48	14.96	9.59	6.97	8.36	7.52	7.6	9.53	8.98	14.94
2010	18.49	16.8	17.1	13.14	8.83	8.52	4.93	7.72	9.36	11.91	14.87	15.74
2011	18.05	18.05	15.4	12.74	11.44	8.47	4.98	4.62	7.83	8.64	11.42	14.71
2012	20.63	20.19	18.84	14	12.29	7.98	5.62	4.71	7.29	10.72	15.13	14.05
2013	20.47	17.91	15.76	13.25	9.52	8.12	8.1	7.91	8.78	11.62	13.94	18.05
2014	18.66	17.33	14.7	10.59	8.82	7.06	6.61	9.01	8.58	11.9	13.3	16.35
2015	20.05	17.67	15.9	12.11	8.89	7.07	6.79	7.37	8.52	9.36	11.85	16.66
2016	18.51	18.25	16.92	10.49	9.31	6.65	6.49	8.4	11.91	10.9		

Cuadro 6. Relleno de datos de temperatura para estación Laguna Malleco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989							5.25	3.79	6.11	9.87	11.26	12.17
1990	14.51	15.47	11.85	8.17	6.15	4.83	4.84	6.82	5.68	9.40	10.90	12.84
1991	13.87	14.63	12.85	8.29	8.08	6.45	3.93	4.36	7.10	9.24	11.44	9.59
1992	16.08	13.50	13.45	7.76	4.64	3.90	2.52	5.47	5.04	7.80	11.52	11.75
1993	13.85	16.07	13.73	8.46	4.60	5.11	1.99	4.75	6.87	8.67	10.55	12.52
1994	15.86	14.53	14.22	8.35	6.95	5.27	4.90	5.32	6.35	8.26	11.55	13.72
1995	13.73	14.15	12.39	9.26	7.26	3.78	1.06	-0.13	6.16	6.97	11.56	16.04
1996	13.71	13.77	13.65	9.70	4.42	-0.48	5.12	5.48	6.84	9.43	10.92	13.33
1997	13.71	14.23	13.97	11.06	6.76	4.26	3.87	5.18	5.67	6.12	9.45	9.07
1998	14.23	15.11	12.31	9.27	5.93	3.89	3.24	3.85	5.97	9.81	9.75	13.00
1999	14.84	15.10	10.20	8.89	6.49	4.79	3.16	5.41	5.13	10.42	11.27	13.27
2000	14.05	12.89	11.42	8.84	6.27	5.29	2.59	4.75	5.88	9.96	9.98	12.28
2001	12.89	13.64	11.62	7.76	6.22	4.14	3.59	4.38	5.81	10.72	9.38	15.56
2002	14.71	15.00	10.26	7.46	5.73	2.69	3.35	4.20	4.94	6.75	9.60	12.66
2003	13.12	12.57	12.91	7.29	5.94	5.67	2.50	4.33	7.27	8.60	10.98	10.26
2004	16.49	16.56	12.75	8.37	7.05	4.04	3.34	5.50	6.81	8.36	10.95	15.45
2005	12.84	17.39	10.74	7.11	4.29	3.44	4.58	3.87	6.26	8.22	10.72	12.52
2006	14.60	15.48	10.64	8.65	7.86	5.63	4.83	3.99	6.53	8.07	10.62	11.44
2007	14.36	12.14	12.19	7.39	4.91	1.56	5.05	4.57	5.91	8.86	10.65	12.77
2008	15.99	16.99	12.25	6.27	6.24	3.50	5.63	3.04	7.75	8.89	12.84	14.80
2009	15.79	13.94	13.12	9.78	6.07	3.73	1.81	4.82	5.61	7.95	7.39	12.32
2010	13.87	12.76	12.41	6.61	4.52	3.71	3.91	4.80	3.88	9.15	12.16	12.51
2011	14.11	15.90	10.04	7.17	5.13	3.32	4.13	3.03	7.70	9.15	11.47	16.24
2012	17.32	14.80	13.12	8.90	6.84	5.67	1.81	5.03	8.06	9.30	11.98	11.71
2013	18.53	16.32	11.55	9.37	6.30	4.15	3.22	3.57	6.47	10.36	10.87	14.82
2014	15.74	13.66	11.00	7.63	6.95	3.10	3.43	6.13	6.77	9.86	10.82	13.02
2015	16.65	16.32	15.86	10.29	6.55	4.71	3.23	5.32	6.05	8.54	12.26	14.21
1989							5.25	3.79	6.11	9.87	11.26	12.17
1990	14.51	15.47	11.85	8.17	6.15	4.83	4.84	6.82	5.68	9.40	10.90	12.84
1991	13.87	14.63	12.85	8.29	8.08	6.45	3.93	4.36	7.10	9.24	11.44	9.59
1992	16.08	13.50	13.45	7.76	4.64	3.90	2.52	5.47	5.04	7.80	11.52	11.75
1993	13.85	16.07	13.73	8.46	4.60	5.11	1.99	4.75	6.87	8.67	10.55	12.52
1994	15.86	14.53	14.22	8.35	6.95	5.27	4.90	5.32	6.35	8.26	11.55	13.72
1995	13.73	14.15	12.39	9.26	7.26	3.78	1.06	-0.13	6.16	6.97	11.56	16.04
1996	13.71	13.77	13.65	9.70	4.42	-0.48	5.12	5.48	6.84	9.43	10.92	13.33
1997	13.71	14.23	13.97	11.06	6.76	4.26	3.87	5.18	5.67	6.12	9.45	9.07
1998	14.23	15.11	12.31	9.27	5.93	3.89	3.24	3.85	5.97	9.81	9.75	13.00
1999	14.84	15.10	10.20	8.89	6.49	4.79	3.16	5.41	5.13	10.42	11.27	13.27
2000	14.05	12.89	11.42	8.84	6.27	5.29	2.59	4.75	5.88	9.96	9.98	12.28
2001	12.89	13.64	11.62	7.76	6.22	4.14	3.59	4.38	5.81	10.72	9.38	15.56
2002	14.71	15.00	10.26	7.46	5.73	2.69	3.35	4.20	4.94	6.75	9.60	12.66
2003	13.12	12.57	12.91	7.29	5.94	5.67	2.50	4.33	7.27	8.60	10.98	10.26
2004	16.49	16.56	12.75	8.37	7.05	4.04	3.34	5.50	6.81	8.36	10.95	15.45

Cuadro 7. Relleno de datos de temperatura para estación Ilucura												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1987					10.22	6.42	2.33	1.14	4.84	7.07	12.27	12.01
1988	12.39	16.39	11.53	8.57	5.47	3.59	-0.42	1.37	6.37	8.03	12.64	13.26
1989	16.11	15.9	11.79	8.93	5.38	4.6	2.65	3.35	5.87	10.38	12.43	15.25
1990	17.2	17.91	15.3	9.01	7	0.77	3.48	1.82	8.96	11.24	11.78	13.71
1991	17.52	14.78	12.52	9.04	7.05	3.51	2.02	3.13	6.36	8.24	11.08	10.8
1992	16.54	14.86	14.68	8.47	4.99	2.63	1.65	5.46	5.63	7.23	11.58	15.15
1993	17.11	17.16	14.32	10.13	6.25	4.61	2.51	3.52	5.47	6.66	8.43	12.47
1994	15.69	12.28	10.24	6.7	5.98	4.07	3.36	2.79	6.02	7.35	8.98	11.66
1995	12.3	14.03	11.42	9.5	7.02	3.73	-2.64	-1.3	7.54	8.9	12.43	16.52
1996	14.32	16.16	13.72	8.66	6.93	5.14	5.25	5.25	9.07	12.52	13.3	14.81
1997	15.85	15.77	14.84	12.14	9.44	5.78	3.88	7.58	9.31	9.78	10.69	14.97
1998	14.48	13.96	11.63	10.63	9.13	4.67	3.53	6.1	9.61	12.65	12.88	15.28
1999	16.68	13.28	10.52	10.51	7.03	4.49	4.84	4.77	6.49	9.32	10.7	12.46
2000	16	11.17	9.06	7.7	5.03	4.38	4.68	4.89	4.98	9.6	10.1	11.51
2001	12.1	13.54	9.63	8.49	6.6	5.43	1.62	4.64	6.21	9.09	10.53	15.21
2002	15.21	14.61	10.99	9.78	5.38	-1.67	0.16	4.12	6.13	7.63	9.72	13.12
2003	13.6	15.7	13.68	9.33	4.91	3.93	0.82	4.44	6.57	9.25	11.6	10.86
2004	16.79	14.58	13.93	8.81	7.05	3.65	3.01	4.84	5.29	7.52	11.24	12.93
2005	14.25	16.14	11.73	8.01	4.21	1.7	2.6	2.95	6.02	7.56	11.12	14
2006	14.76	16.27	10.61	8.68	6.45	5.28	2.62	3.42	6.3	7.7	11.04	12.34
2007	15.37	12.71	12.97	8.66	4.76	-1.67	-0.34	-0.97	5.85	8.21	10.6	13.77
2008	16.04	17.82	13.9	8.88	6.12	2.69	2.79	2.06	6.51	8.38	13.77	16.78
2009	15.41	15.97	13.47	10.88	6.98	3.39	2.55	3.62	5.31	7.74	7.46	11.8
2010	14.05	10.72	12.97	8.51	5.58	2.71	0.25	1.5	6.82	10.36	11.56	12.45
2011	15.33	16.61	12.17	8.07	5.75	3.04	0.22	0.47	7.1	8.11	10.61	16.94
2012	17.32	15.25	14.02	11.34	7.67	3.07	2.56	6.15	7.6	8.81	11.24	11.67
2013	17.85	17.17	13.47	10.78	7.41	4.95	4.08	4.46	6.26	9.93	11.74	15.44
2014	16.32	15.76	14.06	10.63	8.55	3.77	2.06	5.96	7.2	10.53	12.93	14.67
2015	17.84	15.16	16.61									

Cuadro 8. Relleno de datos de temperatura para estación Lonquimay												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1991											11.45	10.81
1992	16.46	13.08	13.44	7.47	3.86	1.79	1.16	5.7	5.81	7.29	11.71	12.99
1993	14.24	16.77	12.9	9.32	4.45	3.95	1.58	4.08	7.52	9.64	10.31	14.51
1994	16.3	15.69	13.66	7.54	6.52	4.31	1.85	3.22	5.67	8.75	12.64	12.48
1995	13.93	13.17	11.64	9.31	6.4	5.42	0.56	-1.45	6.47	8.59	10.83	16.22
1996	13.81	14.11	13.56	8	5.91	1.9	4.55	6.07	8.48	10.4	12.83	13.14
1997	14.67	13.77	14.05	10.78	6.25	4.39	4.06	6.02	6.59	7.76	11.04	12.45
1998	14.38	14.51	11.99	8.93	7.71	3.8	3.46	4.11	6.06	9.71	10.73	13.62
1999	15.9	14.89	11.78	8.29	6.18	2.51	2.47	4.12	7.03	11.6	13.31	14.98
2000	16.5	12.57	11.81	8.94	6.66	3.13	2.99	4.22	5.42	10.27	11.23	12.39
2001	13.57	15.06	13.35	9.37	8.3	3.99	3.49	6.03	7.79	12.96	12.6	17.28
2002	18.16	17.28	13.09	9.72	6.91	2.91	1.59	5.56	5.88	7.94	9.87	13.97
2003	15.65	13.81	17.42	9.87	5.92	5.21	0.88	4.85	6.72	9.38	11.51	13.33
2004	14.88	14.41	11	8.89	6.92	4.09	3.49	5.54	5.94	8.69	11.51	13.36
2005	13.49	16.11	11.55	7.75	4.25	2.97	4.1	4	6.44	7.95	11.07	13.29
2006	15.22	16.19	11.33	8.84	5.93	5.42	4.54	4.71	7.23	7.87	10.57	12.03
2007	14.29	13.04	12.71	8.98	4.53	-0.1	0.52	0.03	6.25	8.53	10.6	13.49
2008	15.72	16.86	13.84	8.87	6.58	3.99	4.64	4.22	7.84	9.61	13.56	15.27
2009	16.03	15.02	14.28	11.36	6.91	3.24	2.92	5.26	6.86	8.5	8.26	13.33
2010	14.94	13.68	13.06	8.61	5.83	4.18	2.28	3.32	6.43	10.14	11.22	11.71
2011	14.77	15.98	13.74	10.82	6.6	3.61	1.61	3.58	7.71	9.73	12.44	16.98
2012	12.59	15.47	14.15	9.11	7.04	4.68	2.4	5.77	8.32	9.38	12.29	11.46
2013	17.87	15.64	12.08	10.45	6.47	4.66	3.43	3.86	5.53	9.7	11.45	15.02
2014	15.5	14.14	11.9	8.71	7.17	2.09	1.73	5.67	5.9	7.22	11.52	13.83
2015	15.59	15.67	13	10.47	5.89	3.06	2.23	5.45	5.96	7.77		

Cuadro 9. Relleno de datos de temperatura para estación Malacahuello												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1988										10.17		11.72
1989	13.63	14.55	10.66	8.4	7.31	5.74	3.76	3.81	7.93	9.05	10.2	11.69
1990	12.93	14.31	10.89	7.74	5.92	5.52	4.12	6.89	7.09	8.74	10.1	12.4
1991	13.72	15.76	13.53	9.37	7.53	4.35	3.4	4.4	6.34	7.73	9.8	9.7
1992	14.78	12.55	12.67	7.66	5.31	2.82	2.16	5.45	6.08	6.62	10.63	10.48
1993	12.39	15.53	12.86	8.98	4.59	5.1	5.33	5.61	6.19	9.43	9.31	12.16
1994	14.18	13	13.38	8.37	6.76	5.09	4.1	4.39	7.47	8.39	10.02	12.14
1995	11.17	13.13	11.1	9.56	7.72	4.87	0.96	1.51	6.51	7.45	10.1	15.46
1996	12.07	12.08	12.72	7.82	6.88	3.82	3.67	4.95	6.16	8.08	9.8	12.64
1997	13.04	12.13	14.2	11.31	7.45	4.27	5.05	6.21	7.1	7.12	9.85	11.73
1998	12.95	15.27	12.86	10.75	8.66	4.9	4.3	4.54	6.32	9.36	9.82	12.28
1999	15.29	14.24	11.64	9.84	7.71	3.84	3.2	4.67	5.65	9.65	10.99	12.27
2000	13.3	12.86	10.3	8.84	6.96	4.54	3.2	4.95	5.51	9.17	9.02	11.45
2001	13.48	13.12	11.47	7.83	7.22	5.3	3.52	5.82	7.37	10.92	8.39	14.18
2002	14.01	15.83	11.21	7.85	5.99	2.95	3.31	5.72	5.62	6.65	9.59	11.48
2003	11.38	11.46	14.39	9.12	6.91	6.56	4.04	5.63	6.86	8.82	10.82	10.31
2004	15.34	15.56	12.65	8.81	7.92	4.23	3.77	5.74	6.29	7.04	10.01	11.02
2005	11.04	14.23	11.03	7.86	4.44	3.42	4.44	4.25	6.31	7.7	9.92	12.09
2006	14.12	15.16	10.53	9.45	8.17	5.84	4.13	5.37	7.31	8.04	10.19	11.03
2007	13.89	12.08	13.2	9.1	6.28	2.56	2.18	2.34	6.74	8.26	9.79	11.92
2008	14.47	15.56	13.4	8.46	6.82	4.55	5.2	3.19	7.89	8.73	12.25	14.7
2009	15.89	13.85	13.36	11.58	6.77	3.6	2.87	4.14	5.42	7.44	6.01	11.77
2010	12.93	12.24	12.36	8.7	6.24	4.1	1.26	3.27	5.48	7.9	9.61	10.71
2011	13.31	14.41	9.99	8.99	6.67	4.26	2.7	3.02	7.02	7.45	11.02	15.47
2012	16.42	13.84	13.1	9.03	6.95	5.3	1.96	4.57	7.8	8.82	11.18	10.31
2013	17.32	15.42	11.12	9.97	6.2	4.42	3.89	3.61	6.51	9.44	10.82	13.63
2014	14.34	13.99	11.35	8.83	7.2	2.4	3.93	6.59	6.27	8.77	9.77	11.31
2015	15.05	14.16	13.46	9.99	6.34	3.97	2.56	5.98	5.7	7.64	10.02	12.66

Cuadro 10. Relleno de datos de temperatura para estación Pucón															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC			
1986							12.06	6.88	8.45	8.48	8.77	9.96	13.36	12.01	15.24
1987	16.46	16.66	17.03	12.5	10.22	8.9	9.31	8.75	9.9	12.83	14.58	15.47			
1988	16.05	18.46	15.12	12.58	10.37	8.39	7.17	7.79	10.19	10.47	13.61	15.14			
1989	17.72	17.3	14.85	12.8	10.34	8.78	7.96	8.17	9.32	12	13.9	15.59			
1990	16.06	17.34	15.02	11.64	9.7	8.24	7.88	9.86	10.29	10.97	12.53	15.48			
1991	16.24	17.66	14.81	12.8	10.15	8.24	7.57	8.36	11.87	10.72	13.67	13.28			
1992	18.68	16.1	16.36	11.53	8.52	6.96	6.15	9.65	10.93	9.6	14.95	14.57			
1993	16.3	18.44	16.56	12.42	8.81	9.18	6.95	9.83	9.98	11.74	12.58	14.73			
1994	17.6	16.7	16.98	12.26	10.34	9.28	8.83	7.34	10.25	11.05	12.92	15.56			
1995	15.85	16.65	13.84	12.82	10.59	7.84	5.51	6.57	10.03	11.09	12.93	18.23			
1996	15.99	16.28	15.37	10.88	9.91	7.09	8.88	8.83	11.29	11.25	13.61	15.93			
1997	16.98	15.69	17.17	13.21	10.41	8.14	8.79	9.44	10.14	10.16	12.5	14.46			
1998	16.06	19.66	15.61	14.23	12.41	8.76	8.2	8.38	9.21	12.49	13.78	15.89			
1999	19.17	17.63	15.38	12.1	10.15	7.19	6.66	8.92	9.59	13.34	14.61	15.63			
2000	18.3	16.55	13.18	12.43	10.89	9.18	7.29	8.85	8.45	12.42	12.22	13.18			
2001	14.49	14.74	13.72	11.14	10.48	8.34	7.9	9.19	10.37	13.43	13.67	16.09			
2002	16.72	15.99	13.17	11.14	10.54	6.19	7.45	9.17	9.55	10.88	12.71	15.3			
2003	15.66	15.55	15.54	12.5	9.39	10.17	7.8	9.21	10.15	11.89	13.76	13.5			
2004	17.82	17.99	15.6	12.58	11.98	9.88	8.03	9.74	10.29	11.19	14.09	15.11			
2005	15.57	20.41	14.94	11.75	8.9	8.6	9.61	9.38	10.28	11.88	13.34	16.49			
2006	17.16	18.26	13.98	13.39	11.97	10.54	10.2	10.25	11.13	11.87	13.24	14.72			
2007	17.25	16.38	16.1	12.21	10	6.2	6.03	7.67	11.04	11.31	13.25	14.8			
2008	19.11	19.9	16.93	11.84	10.41	7.94	8.88	7.35	11.29	12.38	14.55	18.45			
2009	17.67	16.99	17.15	14.75	11.18	8.96	8.94	8.73	9.19	10.43	10.35	14.42			
2010	15.71	15.31	14.9	11.9	9.5	8.41	6.6	7.52	9.45	11.16	13.17	14.33			

Cuadro 11. Relleno de datos de temperatura para estación Puesco Aduana												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1987									6.95	10.02	12.31	12.63
1988	11.91	15.83	11.52	9.52	6.1	5.01	2.67	4.11	7.89	7.6	12.61	13.24
1989	15.26	14.57	12.78	10.48	8.76	6.39	4.13	5.79	7.96	10.68	13.66	11.84
1990	13.46	14.14	11.87	10.41	8.71	7.71	9.27	8.42	9.14	11.24	12.79	12.76
1991	13.88	14.56	12.41	9.53	7.86	5.73	4.17	3.51	8.78	8.74	11.51	9.98
1992	17.84	13.36	12.96	7.86	4.98	3.99	6.11	6.13	5.12	6.62	10.06	8.61
1993	11.38	12.85	9.66	6.65	7.88	5.22	3.55	5.42	6.5	8.83	10.26	15.4
1994	17.26	14.08	13.81	9.22	6.58	5.98	4.32	4.4	6.93	10	10.06	11.94
1995	12.98	14.98	12.68	11.57	8.66	3.52	1.71	2.98	7.09	7.81	10.08	15.36
1996	12.16	12.64	12.15	7.53	6.41	4.6	5.96	6.06	8.07	10.33	10.46	11.32
1997	12.27	14.33	13.31	10.52	7.33	4.56	4.44	6.11	6.93	7.35	10.49	12.89
1998	13.48	14.26	13.11	10.47	9.29	5.22	5.17	5.07	7.17	10.5	10.43	13.43
1999	15.77	12.78	10.98	9.17	9.23	3.96	3.21	3.8	5.55	9.23	12.31	13.77
2000	17.5	13.48	11.52	9.9	8	5.45	4.1	5.62	4.45	9.07	11.2	11.8
2001	12.39	13.26	9.23	8.96	8.23	4.87	4.25	6.52	8.67	10.47	10.72	12.66
2002	15.15	15.07	10.15	10.99	7.11	4.4	6.55	7.44	6.65	7.53	9.89	13.51
2003	15.55	16.4	14.32	10.2	9.06	7.7	4.89	6.46	7.51	8.94	11.88	10.65
2004	16.22	17.79	12.87	9.34	9.23	8.14	7.49	7.98	8.53	8.48	12.35	13.47
2005	13.96	16.31	12.07	8.91	6	5.12	5.91	4.83	6.7	7	13.69	12.71
2006	14.82	16.02	10.19	10.75	7.84	6.32	3.5	6.46	5.94	7.68	9.63	16.98
2007	20.04	14.93	14.92	9.14	7.4	2.29	2.38	2.5	7.16	8.84	12.29	14.43
2008	17.21	19.13	15.31	9.95	7.82	4.99	4.85	3.68	8.12	10.09	13.56	15.99
2009	16.87	15.57	15.25	12.62	8.21	6.39	3.92	5.29	7.27	7.85	7.1	7.81
2010	14.06	14.06	12.24	8.79	6.67	5.21	3.06	4.71	7.24	9.28	11.44	12.77
2011	16.12	15.77	12.68	9.46	6.09	5.27	4.04	3.9	6.88	10.78	12.72	17.64
2012	17.64	14.69	14.69	12.51	7.68	5.71	3.68	7.88	9.27	11.11	13.72	11.41
2013	18.06	16.1	12.88	12.85	8.29	7.01	5.69	5.55	8.26	8.29	13.56	16.35
2014	13.76	15.14	12.66	9.51	6.95	3.75	4.17	6.75	8.59	11.69	11.66	13.17
2015	17.16	16.2	14.87	11.61	8.76	6.57	4.96	7.07	8.64	9.25	11.44	14.95

Cuadro 12. Relleno de datos de temperatura para estación Traiguén												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1980	18.81	17.9	16.54	10.31	9.68	7.5	6.65	8.93	9.47	11.24	12.87	16.5
1981	16.41	17.32	16.27	12.96	9.57	7.79	7.47	9.48	10.56	12.08	13.32	15.37
1982	16.22	13.8	14.21	12.38	8.61	6.05	6.24	7.13	9.56	10.86	11.92	17.42
1983	18.4	17.35	14.34	11.43	8.4	5.74	5.79	7.93	9.3	12.32	14.77	18.13
1984	18.52	16.19	16.79	11.78	8.58	5.46	6.6	7.22	10.35	10.75	12.94	17.39
1985	17.6	17.79	15.46	10.98	9.89	9.92	6.77	8.01	9.36	10.95	15.06	16.42
1986	17.07	16.84	14.27	12.43	10.31	7.88	8	8.79	9.47	13.1	12.68	15.71
1987	17.91	18.61	17.61	12.74	9.37	8.91	9.04	7.82	9.33	12.75	14.35	16.12
1988	17.11	19.4	15.78	12.82	7.56	6.77	5.26	7.56	10.05	10.51	14.13	15.79
1989	18.62	18.65	15.01	12.34	8.9	8.63	6.85	7.7	9.25	11.86	13.29	18.42
1990	17.13	18.26	15.26	11.58	9.13	6.52	7.01	9.05	9.51	11.22	12.86	15.96
1991	17.07	17.92	15.86	12.79	9.58	7.47	7.21	7.75	9.99	11.41	14.2	14.34
1992	19.03	17.07	17.24	11.3	9.11	7.5	6.37	8.83	10.11	10.9	15.56	16.58
1993	17.82	18.97	16.82	13.3	9.01	9.4	7.12	8.34	10.01	12.03	13.64	15.34
1994	17.9	17.25	16.74	12.29	10.28	9.87	7.69	7.55	10.37	11.93	15.84	16.29
1995	16.5	17.72	15.22	13.46	10.11	7.76	5.74	7.25	9.85	11.48	13.56	17.96
1996	17	16.09	15.95	11.32	10.21	6.26	8.23	9.01	10.53	11.81	14.2	16.41
1997	18.6	16.65	17.35	14.23	11.28	8.58	8.2	9.16	10.38	11.14	13.31	15.85
1998	17.03	19.3	16.33	13.55	12.14	8.09	7.18	8.06	9.49	12.72	14.05	16.36
1999	19.7	18.51	15.35	12.51	9.75	7.33	6.67	9.36	8.75	14.54	15.28	16.17
2000	19	16.84	13.77	12.38	10.12	8.59	6.89	8.84	8.89	12.18	13.03	15.49
2001	17.2	17.72	15.15	12.05	10.42	8.3	7.66	9.02	9.91	12.75	12.69	17.74
2002	18.08	18.42	14.95	11.3	9.7	6.41	7.45	9.42	9.88	10.8	12.77	15.51
2003	16.9	16.4	16.92	12.71	9.37	9.55	6.61	9.02	9.75	11.89	14.59	14.2
2004	18.81	19.41	16.41	12.44	9.5	8.14	7.49	9.36	9.5	11.59	13.75	15.99
2005	16.76	20.34	15.56	11.85	8.57	7.4	7.52	7.91	10.09	10.54	14.25	15.71
2006	17.85	18.72	14.54	12.14	9.14	9.35	7.67	8.22	9.73	11.22	13.03	14.95
2007	17.88	15.62	16.04	11.84	8.31	5.54	5.94	5.7	9.52	11.23	13.03	15.03
2008	19.56	19.4	17.49	11.68	10.29	8.4	8.28	8.24	10.5	11.55	15.11	19.19
2009	18.66	17.19	17.79	15.57	10.69	7.93	6.8	9.09	10.81	11.47	11	15.03
2010	17.2	16.3	16.38	11.76	8.97	9.01	6.75	8.36	9.88	11.77	12.87	14.99
2011	18.18	18.76	13.8	13.12	10.25	9.06	8.13	8.51	10.76	12.17	15.84	18.51
2012	19.14	17.58	16.39	12.2	9.93	8.64	6.58	8.29	10.35	11.22	14.21	14.82
2013	20.07	18.06	16.89	13.64	9.98	8.21	7.48	7.7	9.35	11.89	13.67	17.47
2014	17.07	16.92	14.38	11.46	10.47	7.64	7.58	8.72	9.89	12.24	12.63	15.52
2015	18.64	18.12	17.54	14.21	10.76	8.4						

Cuadro 13. Relleno de datos de temperatura para estación Trlcauco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989					9.68	6.15	5.88	5.53	8.82	10.06	10.54	11.63
1990	12.86	13.04	11.29	8.59	6.16	5.52	5.5	6.73	6.97	7.21	8.47	10.58
1991	12.69	13.3	11.64	8.69	7.52	5.89	4.9	6.87	8.35	10.7	8.96	
1992	14.52	12.09	11.52	8.06	4.93	4.29	3.97	8	6.38	6.54	11.1	10.6
1993	11.83	12.5	11.81	8.21	4.39	4.95	4.28	6.06	7.2	9.02	8.9	10.68
1994	13.84	12.23	12.08	8.74	6.53	5.73	6.51	5.67	6.69	8.79	9.61	11.01
1995	11.38	12.99	14.86	9.36	8.27	4.86	3.3	3.38	7.64	8.13	10.12	14.56
1996	10.33	11.42	11.56	7.57	6.91	4.77	7.3	5.55	7.56	8.52	9.72	10.21
1997	12.54	10.92	12.92	9.42	7.82	4.52	4.97	6.81	6.45	7.02	8.51	10.99
1998	11.76	13.61	10.75	9.74	8.11	6.14	5.64	5.71	8.18	9.35	11.31	11.68
1999	13.51	12.24	10.97	8.47	6.46	5.07	4.56	5.86	6.6	9.21	10.33	11.34
2000	12.7	10.97	9.64	9.2	6.9	4.53	4.26	6.67	6.18	8.79	9.43	10.27
2001	10.97	12.88	11.2	10.07	8.52	6.71	5.56	6.09	6.3	13.66	10.7	16.6
2002	16.25	16.52	12.93	10.25	7.37	4.98	6.12	7.89	7.68	8.77	11.05	14.69
2003	15.81	15.43	16.22	11.24	7.82	8.46	4.82	7.98	8.82	10.95	13.34	12.36
2004	17.37	17.48	15.11	10.45	9.8	6.9	6.24	7.82	8.74	9.42	12.34	13.52
2005	14.3	18.6	12.89	9.67	5.97	5.11	6.77	6.05	8	9.11	11.55	13.74
2006	15.51	16.9	11.65	10.28	9.08	6.94	6.29	9.22	10.05	10.06	12.23	13.05
2007	16.22	14.76	14.29	10.26	6.68	3.62	4.01	3.41	8.69	9.51	11.7	13.72
2008	17.18	18.51	15.41	9.23	7.59	5.26	5.87	4.83	9.3	9.69	13.39	16.43
2009	16.33	15.2	14.73	12.12	7.61	5.62	4.37	5.88	6.95	8.09	8.04	12.6
2010	13.97	13.66	13.17	9.52	6.78	5.26	2.56	5.5	7.96	10.87	12.43	13.47
2011	16.68	18.22	13.78	10.69	8.36	6.45	5.38	6.31	9.23	11.04	13.18	17.81
2012	18.64	16.65	15.95	11.28	9.64	7.96	4.72	7.47	10.22	11.08	14.27	13.34
2013	19.99	17.21	14.87	12.67	8.58	6.62	6.45	6.68	8.92	12	13.38	17.64
2014	15.65	14.86	12.08	10.92	9.58	5.98	6.94	9.23	9.79	12.74	12.5	16.68
2015	19.62	18.51	17.79	11.4	9.42	6.95	6.29	8.33	9.56	10.31	14.56	16.53

Anexo 2. Rellenos de datos faltantes de precipitación en las estaciones meteorológicas.

Cuadro 14. Relleno datos de precipitación para la estación Carriel Sur

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1950	0	0,8	70,6	118,6	397	273,9	96,9	410,4	137,6	53,3	96,2	8,5	1986	6,1	10	47,2	142	259,2	223,9	85,7	180	69	27,5	207,5	6,5
1951	55	8,1	19,2	5	374,5	472,7	358,7	81,6	125,5	19	91,7	38,7	1987	0	4	58,7	55,1	137,1	113,3	436	207,1	127,6	37,3	20,3	1,4
1952	0	5	81,6	3	207,8	194,1	190,6	90,6	56,4	96,3	27,5	0,4	1988	8,5	0	10,7	24,6	81,4	210,5	287,1	222,7	90,3	26,2	18,6	15
1953	89,7	10	33	64,5	329,2	115,6	327	339,7	242	40,3	13,9	22,7	1989	3,3	3,3	28,3	2,5	36,8	259,8	225,8	176	35,4	33,3	4,9	88,2
1954	1,2	37,3	6,1	112,6	231	286,7	333	296,5	73,8	48,3	17,7	24,4	1990	6,4	32,7	126,8	50,4	97,3	104,5	98,1	134,6	114,8	50,7	27,2	4,5
1955	15,3	68,8	2,2	73,8	84	295	60,9	220,4	47,8	9,6	0	82,6	1991	8,7	3,1	9	115,5	267,3	142,8	234,2	87,7	62,4	64	50,6	97,1
1956	60,7	12,7	101,8	104	146,4	99,5	244,8	96,5	57,5	69	17,6	2,7	1992	0	17,7	48,2	112,7	449,7	293,5	100,5	166	122,9	56,5	15,3	71,9
1957	18,9	0	3,2	51	388,3	90,3	356,4	257,6	83,4	48	40,9	79,1	1993	2,7	0	17,4	96,7	283,1	309	210,1	99,5	21	45,4	40	21,3
1958	5,7	0	13,7	63,7	313	292,5	195	176,7	143,2	10,5	98,9	0	1994	0,6	1,5	9	123,8	71,9	202,6	177,1	21,9	139	44,6	17,7	34,6
1959	42,3	3,7	74,6	258,5	203,8	126,3	362,9	131,8	112	86	5,4	0	1995	4,1	0,1	14,4	139,2	57	219,1	252,9	197,3	9,9	55,6	3,3	0
1960	8,5	0	10,7	24,6	81,4	210,5	286,9	222,7	90,3	26,2	18,6	15	1996	0	12,3	12,8	65,4	66,2	151,5	77,9	173,2	6,7	25,1	19,1	20,6
1961	72,4	0,4	68,6	18,4	67,1	181,3	303,1	191,3	183,2	38,6	1,9	0	1997	23,2	25,9	0,3	239,3	218,7	360,4	231,6	127,5	82,7	162,4	89,4	3,6
1962	0	0	23,9	85,7	38,1	210,1	21,2	175,2	66,7	45,8	21,9	0	1998	0	0	8,7	33,9	149,6	141,9	78	94,7	57,6	0,1	29,8	4,3
1963	0	11,7	30,8	47,6	60,6	196,8	233,5	349,1	129,8	77,9	96,7	8	1999	13,2	16,8	20,8	21,1	198,8	273	148,6	213,9	155,8	15,5	1,8	11,9
1964	36,8	9,7	6,5	22,1	88,5	128,5	117,4	220	82,3	6	35,5	135,4	2000	2	94,9	6,1	46,2	58,8	565,7	81,1	218,5	257,5	33	27,4	15,2
1965	5	40,9	12,4	130,3	120,5	221,2	334,1	333,3	61,3	73,5	170,6	33	2001	58,2	7,2	44,3	40	293,7	235,8	375,5	195,4	49,6	24,4	34,5	0
1966	0,6	1,5	11,4	13,6	140	402,4	360	258,7	26,2	44,3	14,9	99,9	2002	1,2	66,8	90,7	84,6	180,9	114,4	158,2	300,7	116,5	182,3	51,5	15,4
1967	29,9	38,6	11,5	0,6	262	141,9	257	118,9	83,2	62,6	6,5	12,1	2003	9	0	9,2	18,6	73,1	309,5	109,8	64,4	129,6	60,8	76,7	11
1968	1,6	17,7	19,9	50,2	25,7	212,3	49,8	64,1	105,4	57,3	57,1	79,2	2004	0,1	13,8	49,2	127	64	255	205,9	145,6	73,6	126,4	47,1	19,2
1969	0	22,5	8,9	92,2	201,2	330,3	207,1	184,6	80,4	70,7	34,1	0	2005	1	0,4	22,8	9,4	357,5	431,9	165,8	177,7	74,4	28,6	48,6	64,8
1970	16,6	2,2	15,1	39,3	129,2	224,3	206,1	78,9	53,2	28,4	24,2	38,3	2006	29,4	1,8	10,2	120,8	107,4	309,6	312,3	235,8	41,3	90	3	53,9
1971	8,3	33,3	7,9	43,2	205,3	181,1	199,5	145,1	56,2	34	3,4	52,9	2007	24,4	36,6	9	132,8	73	89,2	175,9	118,8	58,4	31,7	4	25,6
1972	57,7	1,2	64,4	23,7	430,8	213,3	174,3	190,9	136,5	155,2	18,2	7,2	2008	3,6	2,4	3,8	53,2	323	95,6	290,4	237,8	80	30,2	11,6	5,4
1973	5,5	1,1	10,9	30,1	161,2	232,8	151,2	74,2	37,8	155	0	23,5	2009	8,4	10,9	6,8	14,2	133,2	280,3	118,2	215,4	51,4	52	43,8	0,6
1974	27,2	2,1	10	0	136,1	480,9	123,8	62,2	76,6	31,3	48	12	2010	18,8	27,4	5,8	7,2	37,2	186	248,2	133,2	21,2	43,4	17,2	14,6
1975	3,9	41,4	7,5	95,3	279,3	274	249	96,2	46,5	82,8	41,8	10,4	2011	20,2	6,4	33	82,2	31,6	143,8	124	190,2	71,4	30	27,6	2
1976	12	9,7	22,9	0	94	228,3	72,1	110,6	68	149,5	45,6	56,1	2012	15,4	37,6	9,2	3,8	131,6	206,8	51	130,6	15	37,4	33,8	70,2
1977	12	0	35,5	44,6	205	246,3	431,3	147,9	69,7	166,5	72,5	6,5	2013	2	23	2,4	10	195,8	102	79,8	103,4	45,4	25	11	0
1978	12	16,7	0	2,6	169,9	158,4	496	100,9	154,7	98	93,7	0	2014	7,2	4	66,8	66,6	114,2	266,4	223,8	108,4	98,4	12,6	3,2	9,2
1979	41,7	0,9	3,3	52,1	144,2	59,2	238,2	223,9	115,6	21,3	52,8	69,1	2015	0	2	1,2	27,8	56,4	107	165	177	115,2	42,2	17,2	4,4
1980	1	61,6	12,5	174,8	368,2	264,7	199,6	102,2	81,6	0,6	17,7	57	2016	1,8	0	14,2	67,2	117,6	3,4	189,4	54	49,8	71,8	14,4	32,4
1981	78,1	7,9	34,5	98,7	501	93,9	195,5	104,4	39,4	27,1	3,4	2,6													
1982	83,7	24,3	4,4	24,7	211,7	350,1	225,4	130,4	172,5	86,9	33,7	0													
1983	24,3	6,7	20	67,8	115,9	225,6	204,2	126,1	57,3	24,9	0	28,1													
1984	7,9	33	14,9	24,1	389,9	205,9	231,1	75,6	112,1	163,7	10,4	0,1													
1985	45,1	1,2	19,1	80,3	185,1	167,2	211,4	26,2	92	67	44,2	0,5													

Cuadro 15. Relleno datos de precipitación para la estación Cerro el padre

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1959	117	23	99	486	242	294	478	302	212	267	8	2	1991	29	8	38,3	257,8	645,2	286,5	356	123	187,1	109,3	84	268,2
1960	222	0	80	92	107	564	453	224	88	234	14	109	1992	0	34,2	77,5	277	886,3	506	239,5	209,5	1815	228,5	71,8	155,5
1961	153	0	245	35	190	199	583	204	307	207	22	5	1993	46,1	1	119,3	244	584,3	605,5	547,5	296,5	104	155	90,2	68,7
1962	8	0	61	88	68	370	91	424	94	58	36,5	30	1994	7	8,9	74,6	280,5	177,2	558,5	414	82,5	258,7	235,5	81,6	127,3
1963	8,5	54	73	118,5	110	317	450	590	221	209	125	16	1995	23	11,3	81,5	205,5	151,5	496,5	501	328,5	78,5	92	30,7	0
1964	79	34	33	20	318	229	188	335	133	12	93,5	287	1996	5,7	31,5	127	186	231	290	63	261	81,8	74	101,5	20,2
1965	47	99	36	191	332	469	332	376	74	184	278	134	1997	72	96	1,5	429	197	523	343,5	211,5	222	250,5	146	44
1966	8	6	45	207	243	499	392	318	99	174	56	272	1998	3	1	22	102,5	165	147,7	125,5	160,2	70,7	0	37	22
1967	130	115	39	62	364,1	225	187	235	161	203	56	68	1999	38	41,6	5	89,9	269,5	561	126	390,5	324	42,7	17,9	111
1968	0	77	33	107	86	229	213	113	198	87	108	209	2000	4	169,5	37,8	113	104,5	759	218	397	300	74,8	62,5	85
1969	0	48	32	235	198	501	264	309	175	148	98	9	2001	112,3	20	103,6	114,5	568,5	387,4	677	200	82,5	75	84,9	0
1970	85	8	57	122	187	446	303	152	31	48	79,5	179,5	2002	12	196	186	177,4	329,5	226,5	224,5	401,5	248,1	404,5	247,1	48,9
1971	36,5	161	34,5	105	439	289,5	451,5	185	166	121	32,5	131	2003	74,5	2	24,5	54	92,5	585	183,1	141,5	184,3	109	114,6	77
1972	115	8	99	63	757	365	349,5	419	289	163,8	97,5	18	2004	0	14	101	294,7	51	426,5	2811	170,5	154,5	164,4	97	34,5
1973	38	47,5	46,5	49,5	371	405	257	215	93,5	258	8	55	2005	20	0	42,5	46	568,5	581,5	265,5	332	88	65	133,5	59,5
1974	35,5	33	51,5	0	263	573	316	141	129	24,4	68	61	2006	104,5	27,5	64,5	161	169	511	511,8	316	211,5	184,3	16,5	217,5
1975	0	124	24	164	339	315,5	332	140	60	102	139	37	2007	63,5	84,5	35	118,8	87	223,7	368,5	197,5	72,4	73,8	11,9	66,5
1976	41	21	0	21	98,5	542,2	223,3	163	147,4	262,8	59	180,1	2008	17,5	39,5	31	114,8	449,5	249,5	388	414,5	103,5	48,5	31	16
1977	99	6	43	214	525	419,7	479,3	163,5	220,1	139,6	237	32	2009	17	34	22,5	64	462	287	182	432,5	18	262	17,3	33,5
1978	12	6	2	16	434,8	249,4	784,2	129,9	361	267	209,8	2	2010	32	60,5	35,5	20,5	86	425	317	241,5	29,5	79	88,5	93,5
1979	27	26	9	91,5	286	116	410	360	255	94	223	148	2011	60,7	21	79,5	180,5	58	391,5	244,5	408	164	35	68	0
1980	0	289,2	30	254	558	429	271,8	257,6	106	4,1	118,6	132	2012	53	244	13,8	23	307,5	431,4	96,5	155	92,5	58	70,5	0
1981	388,6	30	97,7	158,9	714,2	264,5	232	191,5	102,4	152	36	52	2013	13,5	58,5	34	37	293,5	134	13,8	355,5	171,7	37	54	3
1982	71,5	71,5	29,5	68	372,4	519,5	561,5	242	314,3	277,3	155	0	2014	36,8	30,2	98,6	117,2	273,1	602	440	251	370	43	28	40,5
1983	111	3	7	191,5	247,5	369,5	282,5	193,5	103,5	149	1	23	2015	0	0	0	55,5	233,5	452	414,5	346	177	151,5	41	38,5
1984	60,5	96	48,5	39,2	597,5	368	426	162,5	213,3	358,8	57,9	18	2016	14	0	42,5	145	88,1	25,5	434,1	226	68	168,5	57,5	118,5
1985	89,5	6,5	58,3	193	475,5	296,5	233,2	117	159	202,1	92	5,5													
1986	14,5	54	107	276	433	439,5	124	337,6	95,2	92,5	335,5	49,5													
1987	0	8	102,5	116,9	224,1	278	390	382,5	169,6	197,4	52	28,1													
1988	71,5	0	60	129,5	116,5	352,4	245,5	391	76	139,7	40	75													
1989	18,2	15,5	68	27	111,7	593,8	265,5	320	64	50	29,5	272													
1990	7	83	155	177,8	231,5	274	189,8	286,5	310,2	73,5	85	13,2													

Cuadro 16. Relleno datos de precipitación para la estación Laguna Malleco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1956	155	43	357	351	404	269	641	176	193	127	96	16	1990	42	48,5	148,5	221,2	430	362	321	358,5	479,7	135	0	80
1957	79	0	34	169	580	477	777	780	219	190	164	145	1991	64,5	15,5	65,5	342,8	793	439,5	516,5	89	253,9	127,5	84,5	305,6
1958	65	35	25	275	889	767	473	546	281	54	228	0	1992	12	8,5	39,7	381,2	955	617,9	483,5	307,5	261	381	83	223,5
1959	211	43	219	781	429	442	764	403	483	287	26	4	1993	72,5	4,5	138	410	909	676,5	529,3	359,8	101,2	243,7	80	141,5
1960	126	2	131	135	279	783	451	233	215	437	79	117	1994	64	29	94,5	260,1	431	503,5	337,5	162	391,1	245,3	259	243
1961	230	29	164	170	533	531	971	598	555	257	61,3	20,6	1995	73	29,5	18	303,5	164,9	811,5	658	631,8	169	277	41	0
1962	52,5	0	69	199,3	147,5	642,1	86,5	586,9	208,7	80,1	120,4	20,1	1996	38	84,8	115	146	176	338,5	128	337,5	147,5	114,3	126,5	26,2
1963	45,4	37,4	166,4	191,3	271,4	555,1	625	1058,9	363,7	335	266,9	57	1997	131	75,5	1,5	531,4	232,4	911	468	229	331,5	370,5	298,5	121,8
1964	188,8	143,5	18	168,7	365,3	467,1	274,8	546,8	311,7	147,5	134,1	294,9	1998	19	11,7	47	148	331	301	237	227,7	192,2	336,7	63,5	0
1965	94,2	239,7	23,1	522,9	236,1	952,1	656,7	625,7	157,6	251,8	451,8	179,1	1999	8	59,3	40,8	127	388,6	533	209	747	444	81,2	54,5	181,5
1966	5,5	17,4	146	501,6	473,3	856,1	707,1	609,1	150,1	45,9	80,5	430	2000	33	245	140	149	212	717,3	300	377,9	505	163,2	122	0
1967	180	119,3	96	69,7	669	261,3	490,9	554,5	335,7	274,2	95,7	95,3	2001	122	28	160,5	157,5	690,5	568	970,8	397	86	71,5	172,2	0
1968	32,5	233	120,1	86,4	278,1	372,1	251,8	320	362,8	179,5	250,4	345,7	2002	61,5	120	234,7	256,7	423,5	299,5	356,6	754,5	406	596,5	308,5	115
1969	32	58,2	58,8	338,5	20,2	857,5	653,2	576,6	357,9	324,3	170,4	29,8	2003	72	14,5	39,3	106	106	893	399	204	252	253,8	164	171
1970	106,7	22,6	83,9	280,4	423,3	744,5	574	341,4	164,7	12,47	138,4	204,1	2004	5,5	34,5	169,5	374	77,5	649	517	150,7	226	331	186	84
1971	101,4	184,9	75,9	237,4	572,4	301	593	42	296	139	86	244,8	2005	58	5	93	99,5	896,5	766,5	499	505	104,5	98	223,2	79
1972	159	8	84	84	666	472	294	571	218	411	182,7	89,4	2006	140	54,5	68,5	215	392	790,5	587	326,9	232	362,5	66	233,5
1973	46,3	57,7	76,7	141,2	369,9	887,9	461,3	430,7	216,2	344,1	48,2	11	2007	50	94	27	277,5	109,3	192	490,9	109,3	80	176,6	34,5	42,5
1974	41	52	22	27,89	405	606	368	129	259	67	144	69	2008	48	13	10	160	477	172	415	680	119	87	76	78
1975	66	201	23,1	227	332	524	399	92	100	145	311	95	2009	26	78	35	159,2	459	459	331	484	75	377	241	97
1976	50	74	87	48	98	326	185	56	106	344	72	160	2010	47	82	85	79,5	190,5	557,6	115,5	175	73,5	146,5	88	170,5
1977	98,8	14	83	238	308	480	346	265	126	167	232	78	2011	79	69,2	185,4	289,3	55,5	560,6	276	611,2	259,2	58,4	132,7	20,7
1978	64	8	0	11,5	440	449,5	1285	67,5	322	280	321	3,5	2012	144,8	228,3	54	96	609,6	604,3	257,6	200,2	122,8	103,9	95,1	306,1
1979	51	23,5	47,5	75	385,5	103	644	682	343	133	354	236,5	2013	29	98	84,8	91,5	587	355,1	413	523,1	315,2	116	128,4	17,5
1980	0	325	73	443	977	580,5	527	456	131,5	32	173	158,5	2014	127,5	59,5	205,5	178,5	395	665,5	627,6	260,6	459,8	143	47,5	56,2
1981	307	35	111	260	1232	342	516,5	255,5	189,5	171,5	52,5	38	2015	0	0,2	2	92,6	432,5	540	578,7	594,5	286,7	216,2	88,6	101,2
1982	98,5	124	79	76,5	582,6	731,5	787,5	459	355	390	174	0	2016	25,5	6,5	49	299	124,3	32,5	687,7	338,2	91,7	276,7	122,9	242,6
1983	92	34	24	244	384	506,5	431,5	411	214	177,5	10	31,5	2017	57,8	67,3	108,6	137,6	294,7	632,1	368,2	630,5	182,2	229,6	118,8	73,2
1984	110,5	145,5	76	100,5	1191	384,5	522,5	219	363,5	593	141,5	37,5	2018	64,1	40,5	216	368,2	393,8	443,7	209,2	187,8	592,9	381,6	133,2	125,9
1985	99,5	26	122,5	292	683,5	566,5	231	195,5	267	290,5	153,5	12													
1986	25,5	60	140,5	334,5	753,2	705	280	531	165	189,5	457,5	32,5													
1987	0	23,5	185	178	354	390,5	835,5	539,5	196,1	171,5	112	57													
1988	122	0	155,5	118,5	147,5	550,5	186	499	102	184,5	35,5	153													
1989	20	29	87,5	28	120,2	582	393,5	415,5	93	85,5	51	402													

Cuadro 17. Relleno datos de precipitación para la estación Collipulli												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1962	63,6	8,72	48,81	127,7	57,6	304,2	38,7	125,3	43,8	51	20,1	10,6
1963	4,1	30	64,1	72,5	72,1	101,3	108	108,2	108,9	91,5	93,6	17,4
1964	31,1	16,1	10,2	19,9	55,3	76,5	69,9	66,8	50,3	34,7	51,5	82,5
1965	40,1	31,2	7,5	102,8	89,5	289,5	289	295	61,7	46,7	20	51,4
1966	0	1,4	41,5	90	152,5	426,4	263,6	65,8	40,5	66,4	31,1	295,64
1967	98,42	28	52	70	83	340	334	192,7	63,5	96	17	33
1968	3	61,5	24,5	77	29,5	138,5	84,5	161,5	106	114	57,5	111,5
1969	2,5	28	24	113	191,5	280,5	218	197,5	99	118,5	74,5	9,5
1970	40,5	12,5	28	50	208,5	304	208	102,5	104	26	46,5	55,5
1971	31,5	45,7	22	71,7	132,7	240	189,5	140,5	64	37,5	15,5	87,5
1972	46,5	8,5	71	50,5	343,6	185,1	343	522	249	371	118,84	24,39
1973	10,5	7	15	39	230	229,5	202	59	79	129	0	0
1974	56,99	51,67	48,49	43,77	271,98	308,5	101	45	160,67	89,54	132,2	55,75
1975	20,81	165,3	37,56	129,36	262,8	317,7	231,1	113,8	62,9	96,6	39,1	10,2
1976	32	7,3	36,7	10,6	141	231	63,9	91,1	93,3	124,7	76	99,2
1977	87,9	3,9	39,8	60,5	376,8	225	415,4	137,6	83,3	178,5	88,7	26,2
1978	12,6	15,2	0,3	6,3	193,5	175,7	500,3	83,1	212,3	112,8	103	0
1979	31,5	10,2	6	39,8	158,8	76,7	280,7	207,1	136,6	36,6	149,5	80,3
1980	0,1	67,8	38,3	236,7	516,3	274,5	187,8	98,2	93,6	4	45,7	92,2
1981	120	14,5	33,1	88	539,9	113,3	220,6	89,8	44,5	17,3	9,8	10,8
1982	82,7	36,4	21,9	27	264,6	326,8	314,2	156,8	180,9	95,2	58,3	0
1983	24,5	4,4	16	97,8	186,8	206,1	158,2	184,5	94	35,7	0,9	2,6
1984	27,4	37,4	22,2	50,5	633	236,5	252	107,4	121,1	174,8	69,8	14,6
1985	81	5,9	53,3	93,9	308,5	153,4	192,7	50,5	136,6	87,2	66,3	1,2
1986	11,1	64,2	65,4	215,1	344,8	255,7	83,6	235,6	90,2	59,4	120,8	11,1
1987	0	10,9	82,8	63	159,6	117	408	241,2	103,4	55	34	18
1988	29,1	0	40,6	41	52,4	203,6	199,7	243,9	43,7	55,6	20,9	28,6
1989	18,9	3,9	37,7	9,4	82	318,1	227,8	218,3	41,3	30,9	10,8	147,8
1990	11,1	56,7	72,6	142,7	143,6	149,7	169,1	159,6	180,2	76,7	33,4	11,3
1991	27,8	0	13,5	140,7	375,1	196,7	249,8	94,1	138,9	69,6	58	84
1992	3,9	51,1	92,2	153,1	449,8	348,8	148,9	181,1	134,7	57,5	14	70
1993	19,3	0	30	117,1	446,7	236	247,5	131,5	43	116,5	24	12,5
1994	9,5	6,5	17,5	57	143,5	317	227	32,5	148,5	114	49,5	52,9
1995	5,3	7	19,5	171	44	300,5	249,5	242,3	7	63	20,5	0
1996	0	16,5	63	61	113	210,5	74	233,4	33,5	34	43	24,5
1997	45,5	22,5	0	167	195,5	354,1	271,8	116,8	158,5	179,9	104,5	14
1998	8	0	24,5	61,5	184,5	119,9	78,8	107	224,54	8	16,3	0
1999	11	17	23,5	29,5	187,6	302,6	111,5	282,8	144,5	14,5	7	37
2000	4,5	78,5	20,5	41	12,5	598	90,5	207	257	38	34,8	18
2001	75	7,5	111,1	26	266,5	211,5	526	125,5	36	29,5	36,5	0
2002	0	55,5	106,5	84,5	214,5	186,6	213	271	181,7	149,6	88,5	27
2003	12	0	1,5	48,1	76,5	414	119,5	73,5	122	84,7	120,5	43,9
2004	0	34,3	61,3	131,9	0	316,3	289,1	137,8	70,4	69,5	39	75,5
2005	16,4	0	37,5	47,1	496,2	316,7	185,3	184,8	82,1	33,7	104,8	85,6
2006	47,6	19,3	50,2	126	194	392	297,4	228	100,5	117,1	9	67,1
2007	21,6	48	6,1	151,6	182,33	187,9	211,3	178,7	77,5	68,2	24,5	36,1
2008	13,5	4,5	3	93,1	329	134	324,4	378,6	52	21	44	20
2009	7	14,5	4	44,5	175,6	326	118,1	229	76	150	65	13

Cuadro 18. Relleno datos de precipitación para la estación Cherquenco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1987	15,9	30,5	121,8	121,4	210,6	321,2	376,7	307,0	156,3	182	102	61
1988	85,0	0,0	95,0	90,0	138,0	337,2	234,0	441,7	118,2	212	33,3	142,5
1989	48,7	17	65,2	50	98,5	525,5	530,5	303,5	77,5	170,2	93	271,1
1990	34,5	85,5	137,5	184,2	335	427	170,5	211	321,5	111,5	54,5	29
1991	46,5	5	34,8	279,5	380,4	219,7	420,5	151,8	209,4	111	93	270
1992	2,5	73	83	260	621	393	202	170,5	270,5	233,5	61,5	134,5
1993	52	0	100,5	168,5	694,5	256	448,7	222,4	131,5	190,5	227	198
1994	65	65,5	75,5	172	202	478,5	398,5	27,5	261,5	271,5	248,5	142,5
1995	80,5	5	115,5	311	170	618,5	433,5	369	65,5	136	59,5	0
1996	33,5	140	151,5	0	218	212,5	59,5	283,5	110	129,5	59	30,6
1997	105,5	4,5	4	391	229	530	489	218,5	229	284,5	146,3	80,5
1998	22	7,5	23	92	124,7	144,5	163	211	119	24	18	71
1999	60,5	44,5	49,5	85	211	469	150	404	321	76	58	71,5
2000	25	336	122	156,5	141,5	647	285	245	291,7	108	122	120
2001	173	13	117	127	459,5	409	419	129	76,5	50,5	111,5	0
2002	35,5	147	170	198,1	276	291,5	243	293	294	400	256	117,5
2003	82	7	60	87	86	647,5	313	230	303	110	143	146,6
2004	17	39	79	298,5	62,8	474,6	323	166	169,5	236,5	152,5	72,5
2005	61	63	143	79	693	474,5	268	376	71	53	273	92,1
2006	149	71	78	226,1	286	541,5	357	240	200	199	47,5	163
2007	40	115	52	221	167	305	409	248	83	144	40,5	96
2008	20,5	47	49	176	298,5	321	314	543	78,5	72	107	66
2009	17	78,5	26	148,5	440,5	354	187	560	126	325	183,5	106
2010	52	100	90,5	38,5	133	420,5	365,5	256	90,5	168,5	176,5	99,5
2011	80	92	91	191	108	350	230	374,5	247,5	64,5	112	46
2012	60	155	68	99	274,5	457	188	133	105	86	68	301
2013	40	149	55	85	286	237	289	369,5	182	89,5	101	14
2014	157	44	169	134	305	420	365	234	240	104	69	49
2015	0	0	3	92	327	458	390,4	366	190	155	91	103
2016	18	14	45	199	107	38	389	289	104	183,6011	93	165
2017	51	95,5	62	181	207	352,2	219	283,5	162,2295	187,9072	124,3902	62,6086
2018	79	26	211,5	214,4	237,5	401	185	314	335	185	135,8	73

Cuadro 19. Relleno datos de precipitación para la estación Tricauco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1988	63,4	20,6	92,2	103,3	162,1	357,2	226,4	399,9	119,6	233,7	32	63,5
1989	34,5	25	52,8	38,1	102,5	537,3	314,4	247,5	85,2	103,2	80,7	272,4
1990	37,5	40,1	116	95	308	250	215,2	212,9	273,2	79	102,2	64,2
1991	36,5	19	62,5	301,6	496,4	168	367,5	160	201,9	119,5	128	264
1992	18,5	106	101,4	310,9	625,6	451,8	240,5	152,1	252,8	276,2	87,1	161,7
1993	111,5	0	112	270,7	652,5	526,1	394	292,7	92,5	208,5	152,5	169,5
1994	66,6	39,5	105,5	189,6	261,2	493,3	366	160,7	344,2	340	232,8	247,3
1995	55,5	13	84,9	312,1	122,4	656,9	409,3	462,1	59	146	41,5	0
1996	42	54	178	133,5	237	204	45,7	270,8	148,9	150,5	125,3	42,7
1997	79,6	32,5	5,5	304,1	190,5	572,3	421,6	198,6	274,1	292,5	230,5	120,3
1998	58,2	65	56,8	115	182,2	136,2	168,2	236,5	146,419	20	80,5	66,5
1999	45,5	50,5	40	61,7	201	441,7	101	456,8	304,3	62,7	59,2688	42,5
2000	31,5	212,7	98	84,5	156,5	751,4	268,1	274,595	288,1	161,2	157,5	158,4
2001	168	27	105,2	112,5	391	480	535,7	202	60	35	169	3
2002	30	74	160	165,748	284	218,7	207,2	286,2	279,5	522,9	205,8	126
2003	33,5	16,7	31,5	69	78,5	646	200,5	142,3	231	147	152,5	188,5
2004	21	47,5	109,5	319	2	453,4	343	124	178,5	237,5	124,5	86
2005	44,5	11,7	26	56,5	513,912	449,5	292,7	351,6	67,6	39,4	259	98,4
2006	67	56	71	192,9	282,7	506,7	494,4	298,5	191,8	197	43	141
2007	33	76	36,5	223,5	107	274,9	286,8	188	96	109	39	50
2008	26,5	46	13	160	258	191,3	298,5	660,5	77,5	78,5	62,5	23,5
2009	22,5	63,5	21,5	175	512	305,1	199,5	655,5	139	329	205,4	89,5
2010	44,5	103,2	64	32	125	317,5	321	347	58	137	129	90,5
2011	96,5	51	98	206	75,5	291	207,5	335	258,5	59,5	109	19
2012	47	181	88,5	70,5	282,5	397,5	143,5	104,7	118,5	41	42,5	288,5
2013	25	117,5	39	72,5	363	225	246,4	339	166,5	97	105	12,5
2014	112	14	120,5	94	263,5	403	322	243	232,5	123	59,5	53
2015	0	0	10	105,5	152,3	364	435	360	173,5	72,8	77	107
2016	13	11,2	51,5	143,2	64,8	28,3	287,7	263,6	61,2	178,96	79	92,9
2017	43,7	61,2	68,1	99,3	101,3	320,3	158,3	274,6	147,38	202,68	125,35	66,419
2018	55,3	41	141,2	171,5	232,7	240,3	102,3	150,7	317,5	145,9	148,1	64

Cuadro 20. Relleno datos de precipitación para la estación Encimar Malleco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1988	53,4	10,2	95,6	79,8	136,0	326,1	219,7	355,0	77,0	121	31	67
1989	27	9	57	18	110	488	320,4	338,6	85,9	65,6	21,9	323,6
1990	36,3	80,8	162,7	187,8	239,9	219,7	211,3	222,8	336,1	107,7	59	33,2
1991	18,5	8,6	34,3	265,6	578,2	238,5	449,1	147,7	181,6	95,7	81,5	212,3
1992	1,4	92,6	140,3	220,2	629,3	488,8	196,4	243,3	192,6	203,5	46,7	147,3
1993	69,9	0	85	210,8	655,3	442,5	420,8	266	46,7	197,4	98,9	83,9
1994	16,8	14,5	33	184	223,2	355	337,5	112,9	225	73,1	59,4	49,9
1995	28,2	12	15	219,5	106,5	488	545	281	34	102	7	0
1996	12	4,9	107	108	206	264	91	344	52	66	83	21
1997	57,0	54	2	415	180	540	342,2	178	261	301	153,9	75
1998	0	0	33	137,9	167	192	188,5	108,5	79	11	36	9
1999	7	0	23	49	263	666	168,5	526	302	54	24	88
2000	30	175	70	96	119	687	226	304	264	105	83	76
2001	115,9	8	240,5	19	574	394	795	199,9	92,1	53	125	0
2002	27	78	144	120	344	193	338	400,5	245,5	412	192,3	79,5
2003	34,5	4,5	29	94,5	98,8	633	294,5	132,5	221	142,5	121	90
2004	5,5	34,5	105,1	318	17,5	411,5	377	214,5	168	403	129	77
2005	14	0	67	42	665,5	584,5	255	328	64	65	254	49
2006	64	24	121	98	285	518	385	285	122	172	11	113
2007	27	70	24	199	96,5	219	240	164	112	96	23	46
2008	33	14	15	133	321	222	386	538,5	91	55	59	44,5
2009	12	26	10	64	308	372	187	518	75	319	204	51
2010	26,5	117	70	57	126	237	301	254	71	109,4	76	88,5
2011	61	47	101	203	72	368,9	232	496	232	33	104	7
2012	107	161	56	76	418	322	116	290	100	38	35,5	145,8
2013	0	90	27	54	244,5	168	222	205,5	212,9	59,5	45	1,5
2014	80	41	129	101,9	265	644	490	171	244	67	12,5	12
2015	0	0	0	48,6	242	271	451,8	394	219	132	32	39
2016	13	0	6	207	107	21	438	207,9	63,3	155	58,5	106,5
2017	10,1	43,5	65,8	50	159	286	203,5	337	91,4	108,7	57	28,2
2018	25	19	128	228	231,8	199,5	169	168	505	248,5	65,1	10

Cuadro 21. Relleno datos de precipitación para la estación Quillén												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1960	33,0	0,0	154,0	78,0	264,0	413,0	295,0	180,0	190,0	191	45	120
1961	190	35	90	210	301	197	343	165	210	55	19	12
1962	36	0	27,5	105	52	272	35	216	44	36	61	0
1963	39	28	81	122	168	163	207	171	118,1	144	102	29
1964	73	25	28	45	39	48	84	104	20	35	45	130
1965	55,6	55	35	175	177	138	103	330	30	15	0	90
1966	0	5	10	115	40	135	120	89	0	25	10	80
1967	35	0	0	0	30	0	100	160	0	25	5	5
1968	0	94	0	5	50	25	0	45	98,2	45	47	63
1969	0,0	15	10	134	188	195,2	185	155	85	110	75,5	0
1970	40	5	43,9	70	125,5	260	240	120	58	64,6	22,5	49,5
1971	28,8	34,8	20,2	38	84	88,8	90,4	75	57	44	11,2	91,3
1972	33,6	8,6	44	50,9	279,3	169,8	209,7	133,3	200	173,5	40,8	23,2
1973	42,3	18,8	39,6	152,4	140,5	378,3	223	84,1	41,6	183,9	37,4	8,4
1974	73,4	37	30,6	0	197	244,1	136,4	97,4	102,7	43,3	70,1	59,7
1975	9,2	146,7	8	240,4	333,3	227,6	259,3	203,3	55,6	77,8	83,7	54
1976	50,2	31,4	65,5	15,8	111,2	200,7	95,7	110,9	79,9	94,9	46,6	95,8
1977	71,7	0	60,9	102,7	307,9	258,6	297	122,4	146,6	143,6	200	53,5
1978	41,1	18,6	10,3	17,7	174,1	163,9	506,9	60,5	199,7	90,4	118,3	0
1979	74,9	20,6	24,9	34,2	167,3	80,1	224,9	191,8	106,2	43,2	102,2	93,8
1980	0	148	18,3	211,9	329,6	210,6	128,6	161,5	71,6	5,2	53,5	77,1
1981	114,2	7,2	65,7	101,9	395,9	110,3	158,9	51	87,4	16,4	15,6	26,8
1982	77,3	47,5	46,3	18,4	188	323,2	257,2	187,1	117,1	139,7	54,9	0
1983	87	11,4	30,8	139,1	138,4	187,4	145,6	132,6	126,1	90,4	0	15,3
1984	33,6	61,3	14,3	33,1	438,5	141,8	229	72,9	91,7	170,2	47,6	10,3
1985	35,3	11,4	42,3	136	273,2	143,7	113,4	81,5	123,6	84,2	72,9	6
1986	34,4	105,5	86,1	165,3	265,1	198,8	118,9	155,3	60,4	73,3	133,3	9,3
1987	0	9,1	66	64,4	146,2	135,2	220,5	154,8	126,8	79,2	35,9	41,6
1988	51,5	0	88,7	43,5	66,8	190	143,6	162,8	63,2	100	30,2	44
1989	24,5	14	38,4	23	77,6	232	247,6	211,8	61,9	57,9	33	194,7
1990	14	48,4	83	81,7	170,5	155,4	161,4	125,7	195,7	102,8	35,4	20
1991	34	11	26	208,4	331,4	109	225,1	61	112,6	57,8	46,1	155,6
1992	0	29,3	52,3	117,1	406,9	285,6	118,2	116,8	157,5	103,3	28,5	127,5
1993	35,5	0	65,5	133	489,2	227,5	233,5	141,5	45,5	99,3	96,1	77
1994	15,5	10	21,7	96,2	85,6	235,3	223,5	58,5	124	132	111,5	107,5
1995	19,5	0	64,5	189,5	73	300	252,5	214	35,5	77,9	26	0
1996	8	66	94	97,4	127,5	175	18	215,5	50,5	48,5	49,5	19
1997	20,5	7	0	165	141	290	261	109,4	145	184	76	48,5
1998	8	10	20,5	40	105,5	122,5	85	125	77	7,4	0	26
1999	39,5	23,5	37,2	9,7	116,9	264,1	125,5	207,8	138,8	35,5	27,5	11,5
2000	27,1	128	30,5	84	60,5	296,7	128,4	114,5	181,1	75,5	45	43,5
2001	32	4,5	74,5	62	226	190,5	289,5	105	28,9	31	75,5	0
2002	21	32	90,5	37,7	139,5	114,5	95,5	171,5	152	232	91,5	86
2003	17,5	0	22,5	50	48	383,5	126	90	162,5	71,5	102	56
2004	11	15,5	70	190,5	8,5	251	118	131	113	153	126	37
2005	29	0	74	47	481	353	181	212	132	37	174	42
2006	52	51	26	138	173	287	197	152	112	91	17	59
2007	29	55	27	151	144,9	266	273	150	105	120	70	50
2008	6	9	13	107	220	131	307	464	61	59	59	22
2009	9	66	9	62	365	195	232	368	118,1	200	197	41,1
2010	35	58	31,6	28	110,8	284	241,2	133	73	134	117,3	87
2011	70	80	89	218	105	236	202	264,4	172	55,5	44,5	10
2012	36	93	19	32	154	240	134	111,5	70	39,5	73,5	101,8
2013	0	63	19,5	51	212,6	113,5	119	169	87	51	56	7,8
2014	42,5	21,5	97,3	79,5	166,5	288	246	114	137	76	23	24
2015	0	0	1	36	181	273,5	264,4	251	123,5	117	41	44,5
2016	9,7	2,5	39	92,5	96	22,5	232,5	162,5	22	102	28	77,5

Cuadro 23. Relleno datos de precipitación para la estación Los Laureles

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1950	5,0	38,0	134,0	259,0	457,0	290,2	184,0	399,0	150,0	112	138	92	1985	111,5	13	91	240,5	502,5	342,5	137,5	143,5	99,5	101	82	0
1951	182	54	53	79	522	400	297	175	155	81	129	49	1986	13,4	157	143,5	287,3	283,3	339,6	123,5	144,7	58,5	46,5	226	0
1952	9	42	239	41	253	174	189	183	111	91	59	4	1987	2	4,5	116,5	138,4	144,5	395	644,3	199	129,5	201,5	182	82,5
1953	168	32	50	51	447	212	330	411	291	68	25	54	1988	66	0	123,4	113	138	385	137,5	302	68,4	229,1	52	66,6
1954	15	52	4	184	343	228	405	364	141	77	47	129	1989	27,7	26,5	66,1	37,7	69,3	423,4	287,1	500,4	72,9	88	56	238
1955	46	94	45	154	105	344	128	215	29	17	23	183	1990	12	90	149	129,3	502,2	216,6	247,7	192,1	348	106,8	77,3	48,1
1956	180	24	185	175	199	144	224	98	111	87	81	11	1991	48,1	10,5	46,4	232,7	445,3	184,5	408,2	138,5	185,4	79	68,2	240,3
1957	53	0	15	67	242	203	276	393	88	143	80	145	1992	16,5	75,5	75,2	238,2	464,3	439,3	189	198,1	295,1	277	46,7	156,3
1958	59	36	12	160	361	319	226	213	127	66	119	13	1993	44,1	2,3	77,3	170,5	602,4	458,4	496,4	261,8	120,2	138	164	91,8
1959	102,0	11	102	335	203	118	259	192	220	232	21	8	1994	49,2	25,2	48,2	174,8	159,7	404,3	438,3	145	218,8	254	190,5	239,2
1960	82	4	70	70	194	272	255	170	70	195	57	62	1995	48,1	10,5	78,2	263	156,7	575,9	308,5	363,4	74	138,4	31,1	5
1961	172	31	52	66	277	227	444	227	259	68	46	20	1996	38,6	102,9	70,5	141,6	214,7	186,5	45,5	296,3	72,5	89,2	79,4	25,1
1962	95	0	54	93,5	87	305	92	377	135	40	161	24	1997	111,8	36,5	3,5	388,7	265,8	492,3	466,7	217,2	146,3	265,1	166,3	46,7
1963	31	46	127	168	176	321	247	401	207	220	144	38	1998	15,5	20,3	41,5	77,7	109,2	136,8	95,9	215,2	106,5	16,1	41,3	61,3
1964	94,5	98,5	63,5	68	294	292	226,5	278	171,5	188	78,5	208,5	1999	37,7	40	53,6	52,8	217,6	462,3	148,2	280	253	55,3	69,8	21
1965	76,5	125	28,5	200	226,5	355	313,5	407	110,5	167,5	245,5	146,5	2000	32,3	200,5	78,3	76,4	117,5	620,8	241,9	179,7	264,9	125,6	64,3	81,9
1966	12,5	39	106	215	193	417	325	267	112	159	67,5	226,5	2001	168	18	68,5	20	286	272	388	112	60,5	84	100,5	6,5
1967	132	86,5	68,5	50	387	175,5	475,5	376	202	224,5	67	60,5	2002	19,5	84	192,3	145	305	220,5	140,5	234,3	224,6	397	243,5	99,4
1968	13	115,5	104,5	96,5	164	172	157	209,5	318,5	116	74,5	227,2	2003	56	18,5	38,5	53,7	80,5	602,5	354,5	160,5	314	137	202	141,5
1969	9	55	30	284,5	185	307	438,5	296	214	189,5	125	25,5	2004	22	91,5	103	277,1	19,5	480	325,5	138	178,5	284	117,5	48
1970	52,3	29,5	97,5	163	287	336	333,5	257	143	79,5	90,1	178	2005	62,5	0	72	62	583,5	418	239,3	306,5	83,5	92,5	323,5	67,5
1971	72,5	99,5	62,5	126,5	385,5	296,5	358	228,5	157	126,5	51	218,5	2006	120	61	99,5	226,5	186	455,5	405	214	196,5	197	58,5	151,5
1972	138,5	76	87,5	67	583,5	263	318	286,5	334,5	345	110	92	2007	29	81,5	30	221	127,5	309,5	276,3	148,5	91,5	136,5	20	74
1973	75	35,5	60	67	259	529	230	288,5	119,6	249,5	29	71,5	2008	17	29	36,5	115	277,5	182,3	294,5	519,5	95	49	128,5	42,5
1974	128,5	53,1	77,6	34,6	282,9	112,7	212,5	117,5	149,3	82,9	142,2	11,4	2009	24,5	61,5	48	119	425,5	261	121	487	124	280,5	166	104
1975	9,9	33,6	54,6	21,8	16,5	292,8	129,7	256	88	79	137	1,5	2010	55	142,5	52	40	156,2	321,5	303	229,5	64,5	89	78,5	77
1976	58	31	42,5	13,1	171,5	407	222,5	173	114	156,3	69	31,5	2011	91,9	68,5	92,3	216,5	151	267,5	205	277	194,3	64,5	102	15
1977	40	6,5	109,7	201,5	422,5	380,8	589,5	104,5	175	138,5	228,5	70	2012	60,5	119	36	57,5	218,2	432	162,3	150,2	110	68	76	283
1978	8,5	25	20,5	31	393,5	233,5	777,5	64,1	379	289,5	93	9,5	2013	20,5	72	44	87,5	240	194,5	229,5	309,2	218,5	65,5	120	15,5
1979	50	21	5,6	39,5	347	131,5	292	505,5	210,5	189,5	196,5	233,8	2014	143,5	37,5	176,5	98	281	246	197,5	105,5	181,5	67,5	48	39,5
1980	0	245	245	356,5	596	365,5	311,5	281,6	54	8	80,5	82,5	2015	0	0	4	59,5	351	349,5	355,5	301	151,7	104,3	28,5	69
1981	377	74,1	98,5	250	531	292,5	165,5	121,5	144,5	118,5	58	22	2016	13	15	33	117,5	102,5	23,5	323	252,5	56,5	153,5	73,5	143
1982	97,5	92	83,5	56,5	279,2	376	509,5	272	180,5	277,5	78	0	2017	84,5	81,5	100	133	159	149,5	353,5	258,3	139,5	167,58	108,8	55,4
1983	67,5	19	48,5	250,5	238,5	365	289,3	167	176	176,5	0	13	2018	75,5	30,5	175	249,5	220	352,5	128	171,5	311	202,5	141	32
1984	73	129,5	47,5	65,5	577,9	293,5	421	130	182,5	380	66,5	41													

Cuadro 24. Relleno datos de precipitación para la estación Curacautin												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1970	43,79	21,45	59,4	125,2	183,7	329,8	329,3	191,4	87	74,6	102,5	164
1971	54,56	75,28	48,13	97,2	142	421,5	479	275	313,6	70	56	225
1972	122	20	49,5	118	650	327	246,46	214,05	225,33	232,61	98,11	59,87
1973	14	57	49	49	213	514	254	209	98	223	34	101
1974	130	59	96	0,1	233	456	168	138	181	53	153	88
1975	6	115	19	238,5	236	328	309	200	127	100	211	58
1976	101,5	46	58	58	162	445	206	184	144	115	86	228
1977	144	7	57	183	327	294	419	209	141	149	157	47
1978	39	19	4	7	234	242	568	156	186	184	144	0
1979	27	20	30	26	209	125	365	269	195	139	228	192
1980	0	271	109	290	604	323	304	226	75	24	130	125
1981	157	33	67	189	606	299	156	180	160	73	47	57
1982	55	81	75	46	274	426	434	270	183	311	134,1	0
1983	62	11	4	175	222	336	160	200	141	101	12,5	24
1984	86,5	150	56	39	460	200	229	108	151	280	72	51,5
1985	92	26	65	209,5	385	176	148	101,5	153	99	90	8
1986	40,5	61	89	194,5	303,5	346,5	121	203,5	78	104,5	215	39
1987	0,5	15	74,5	81	158,5	234	243	210	124	102,5	74	48
1988	76	0	162,5	77,5	63	236	135,5	258,5	85	133,5	26	65
1989	28	13	53	28,5	145	384	253,5	251	92,5	83	30	271,9
1990	38	43	83,5	119,5	261	218,5	134,5	131,5	269	107,5	64	95
1991	35,3	21,6	44	221,2	584,3	198,6	333,1	91,6	176,2	88,5	72,5	232,9
1992	6,5	77	87,5	166,5	469,7	298	127,5	98,5	195	219,5	30,9	89
1993	124,5	0,6	71	157,1	482	328,2	220	189,5	75,5	133	120,5	119
1994	17	20	41,3	99,5	184,5	308,5	237,3	103	205	234,5	125,5	166
1995	36,5	10,8	73,5	170,5	98	406	271,6	218,4	41,5	98	49,5	0
1996	29,1	62	155,5	122,5	120	179,5	37,5	195	76	82,5	89,5	31,5
1997	77,5	53	14,5	257	190	336	260,5	143,5	153,5	200	129,5	68,5
1998	24,5	17	34	60	89,6	115	125	149,5	132,5	12,5	68,5	60
1999	53	7	28,9	51,5	181,5	344,1	119	119	231	65,1	54	69,5
2000	49,5	179	84	75	90,6	493,5	176,5	213,5	205	108,8	86,7	74
2001	92	20	110,5	86,9	304,8	270	341	161	53	41,4	151,5	0
2002	16	64,5	127	132,5	267	192	176	192	232	321	156	105,5
2003	50,5	15,5	37,5	38,5	72	411	201,5	167	211	124	90,6	141,5
2004	0,5	19	63,5	193,5	15,5	396,5	239,5	103	150,5	235,3	111	83,5
2005	41,5	0	42,3	62	400	412	151	284,5	50,8	43	187,5	56,5
2006	87	62,5	77,5	126	135,5	327,5	315,5	141	183,5	163,5	31	131,6
2007	13,8	67,5	34	169,5	108,5	187,5	266	188	61,5	79,5	26	58
2008	34,5	37	12	116	252	123	123	326	47,5	14,5	42,5	5
2009	1,5	34	2,5	24	237,5	127,5	79,5	90,5	36	116,5	87	15,5
2010	8	20	21,5	6,5	121,38	128,5	164,5	164,5	7	119,5	77,3	47
2011	31	7,5	73	189	42,5	225	108	245,9	98,5	12,9	27,5	7,5
2012	17	77	36	49,8	215,5	299,8	134,98	45,7	68,2	34,5	38,5	193
2013	32	31,5	10,5	51,5	178,3	113,3	111,5	129	68,7	15,5	28,4	4
2014	48,5	15	49	72,8	144	248	109,2	154,76	221,5	57,5	49,5	48
2015	0	0	4,5	89,5	240,6	314	382	284	157	87,7	63,7	82,9
2016	30	5,5	54	123,5	104,8	38	395	224,5	57	203,5	103,5	170,5

Cuadro 25. Relleno datos de precipitación para la estación Fundo Atacalco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1963	1	7,5	44	127	174	360	500	443,05	289,9	192	172	18
1964	78	7	42	29	163	245	280	387	104	62,3	97	235
1965	75	111	11	344	391	323	544	519	102	295	173	114
1966	0	6	8	194	190	476,03	625	399	270	109	65	426
1967	173	48	29	34	428	127	196	302	170	276,5	64	35
1968	1	0	77	83	45	176	175	211	161	109	128	208
1969	0	66	48	286,5	292	662	403	394	273	162	50	10
1970	30	3	60	126	217	427	514	247	88	108	43	200
1971	17	98	7	63	551	455	428	339	138	111	42,61	213
1972	63	1	150	54	1115	440	312	606	436	373	132	6
1973	4	11	43	63	542	400	369	154	61	257	4	5
1974	63	5	56	0	378	861	237	116	116,5	41,5	60	62,5
1975	2	163,5	16	227,5	439	542	569	270,5	118	66	133,5	41,1
1976	43	25	46	21	177,7	575	218	223,5	213,5	228	121,5	121,2
1977	51	0	41,1	117	406,6	531	784	259,5	175,5	238,5	221	45
1978	4	15	0	0,5	377	207,5	908,5	140	366	350,5	231	6
1979	35,5	34	8,5	63	383	130	618	667	259,5	69	223	157,5
1980	1	351	56	510	618	557,5	420	222	123	1	68	109
1981	88,5	20	100	202	928,5	254	277,5	216	134	84	34	26
1982	85	92	73	64,5	446,5	725	577	384	464	392	56	8
1983	81	19	1	151	294	550	486	227	196	60	4	19
1984	24	96	42	67	568	398	531	206	280	220,7	37,4	25,8
1985	49	6	42	238	570	230,6	400,9	110,7	241,7	352,8	91,6	0
1986	10	31	102	282,2	817	630	169	360	114,2	141	372	18
1987	0	12,3	127,9	57,5	217,4	227,5	633,6	393,9	317,9	193,9	52,4	9
1988	39,6	0	117,8	98,1	131,4	501,3	339,4	481,1	99,1	101,5	28,6	44,7
1989	19,5	19,4	26,2	5	79,2	457,4	341,3	308,3	82,1	80,9	27,3	87,9
1990	21,3	39,7	164,1	171,9	225,4	184,4	211,9	260	445,7	76,8	79,8	14
1991	31,6	8	16	256,1	834,9	334,7	439,5	129,7	234,9	169,1	45,3	213,1
1992	0	34,3	101,6	240,7	935,9	573,7	208,1	175,1	161	175,8	97,1	108,2
1993	24,1	0	95,6	222,3	629,1	847,1	314,3	339,2	84,8	162,5	72,5	76,9
1994	20,3	27,3	12	285,7	171	566	531,9	70,9	308,9	164,7	60,5	72,9
1995	1	17,1	26,3	232,5	136,2	705,4	633,9	335,8	82,7	109,2	14,2	0
1996	5	40,3	141,6	178	161,7	316,8	126,3	323,7	57,9	61,5	103,2	35,1
1997	8,3	59,7	7,2	334,4	239,6	837	327,8	203,1	294,8	333,2	164,5	33,6
1998	4,1	25,4	30,1	148,2	190,7	130,5	160,6	175,8	91	0	32,5	63,5
1999	9,1	55	3,4	49,1	426,7	493,8	123,4	457,5	413,9	58,4	17,2	19,3
2000	0	274,3	9,2	106,9	143,2	1066,4	274,9	361	492,8	106,5	49	66
2001	121,5	16,5	24	141,5	663	341	1060	352	71,5	63,5	107	0
2002	0	284,5	237	108	435,5	399,5	267,5	578,5	209,5	524	138	55
2003	49,5	0	7	21,5	175	659	287	169,5	184,5	174,5	114,5	86
2004	0	18	103,8	342,5	76,5	461,5	508,5	191	193,5	235	121	81
2005	12	0	50	29	570,5	596,5	410	580	102,5	49	105	75
2006	77	22	32,5	167	217	755,5	626	361	250	232	9	194
2007	21	96	67,5	136	94	224	477	233	94	88	16	32
2008	7	33,5	19	148	652	259	337	450	107,5	53	43	13
2009	7	19	0	66	567	376,5	194	418,5	116	189	162	31
2010	18	48	9	17	103	357	400	194,7	28	95,5	42	55
2011	59	30	108	225	85	388	343,4	518,1	162,3	47	53	0
2012	6	173,8	9	49	317	504	113,1	198	19	81	88	298
2013	10,3	59,7	6,5	16,9	365	352,5	260,7	22,5	133	102	27,5	0
2014	32	25	89	84	273	531,1	399,1	166	309	35	19	50
2015	0	0	10	38	146	323,8	398	532	189	128	29	0
2016	5	0	15,7	216	191	12	347	207	66	160	39	93
2017	20	27	39	127	235	459	184	450	142	195	105	26
2018	0	17	90	197	74	366	139	161	290	184	100	40

Cuadro 26. Relleno datos de precipitación para la estación Liucura												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1988	31,0	10,8	70,3	57,4	44,6	260,8	15,0	100,0	27,0	54,0	0,0	34,0
1989	0,0	5,0	3,5	6,0	37,5	230,7	63,5	55,0	21,0	23,0	14,5	102,5
1990	15,0	21,0	61,4	89,5	79,5	65,0	21,0	76,0	143,0	37,5	23,5	31,3
1991	33,6	10,5	19,0	113,3	316,1	99,0	184,5	15,0	78,5	54,5	39,5	102,0
1992	42,5	16,0	47,5	75,5	278,0	188,5	91,5	43,5	109,5	78,0	18,0	58,1
1993	43,0	0,0	42,0	119,0	310,0	261,5	126,0	95,0	32,0	97,0	33,0	64,0
1994	10,0	2,0	3,3	34,0	88,8	134,8	46,0	0,8	211,0	128,0	64,0	20,7
1995	11,4	0,0	85,0	69,0	99,0	289,0	19,0	171,0	62,0	110,5	6,3	2,8
1996	12,2	0,0	28,4	49,2	88,2	94,1	40,6	27,0	6,5	26,8	21,5	34,1
1997	47,2	48,0	17,5	257,0	105,9	399,7	76,0	36,5	131,0	51,2	47,5	45,4
1998	15,7	0,0	72,9	122,7	15,0	28,4	24,7	10,2	7,8	0,0	9,7	62,2
1999	28,7	33,4	0,0	26,8	120,3	302,5	10,0	146,0	123,0	0,0	0,0	0,0
2000	8,0	48,0	3,0	21,2	10,0	644,0	171,0	139,5	32,0	11,0	0,0	11,0
2001	0,0	0,0	10,0	5,0	0,0	119,0	254,5	10,0	36,0	0,0	5,0	0,0
2002	0,0	29,0	2,0	3,0	23,0	89,5	34,5	133,5	66,5	189,0	95,0	17,0
2003	7,0	4,1	4,0	39,0	20,0	414,0	152,0	27,0	73,5	79,5	48,0	47,0
2004	10,0	4,5	38,0	131,5	4,5	86,5	122,5	20,0	77,0	99,5	86,0	28,5
2005	1,0	3,3	22,0	27,0	344,0	347,5	141,0	147,7	73,5	27,0	100,7	31,5
2006	40,0	18,5	10,0	138,5	111,0	336,5	108,5	161,0	125,5	89,0	9,0	67,5
2007	18,0	50,0	17,3	89,5	12,5	20,0	5,0	9,0	0,0	30,5	4,5	19,5
2008	7,0	5,0	0,0	68,7	296,5	86,9	176,5	245,0	14,2	17,0	15,5	5,0
2009	0,0	13,5	8,5	29,5	302,5	300,0	98,5	184,7	56,0	178,5	77,5	38,5
2010	12,0	80,0	26,4	9,5	49,0	226,7	67,5	16,7	9,9	22,8	32,0	20,0
2011	61,0	0,0	33,5	115,5	38,5	14,0	139,9	6,5	104,0	17,0	37,0	0,0
2012	11,5	51,0	11,5	17,0	222,0	163,2	23,0	42,5	36,0	35,0	12,5	97,0
2013	26,0	20,5	20,0	19,0	126,0	128,0	122,5	117,0	115,0	55,5	53,5	17,5
2014	46,0	17,3	40,3	57,6	174,5	237,0	263,0	138,0	139,0	82,0	40,0	23,0
2015	0,0	0,0	0,0	48,0	40,0	201,0	171,5	186,5	44,6	35,8	15,7	33,0
2016	10,1	0,8	4,5	66,2	33,2	3,4	142,0	148,3	20,0	94,3	21,8	42,5
2017	6,7	34,3	21,5	71,7	78,4	173,5	75,1	48,0	55,2	87,8	34,9	23,1
2018	20,2	35,0	63,1	142,3	126,1	200,4	35,6	75,8	187,3	36,7	65,7	33,2
1994	20,3	27,3	12,0	285,7	171,0	566,0	531,9	70,9	308,9	164,7	60,5	72,9
1995	1,0	17,1	26,3	232,5	136,2	705,4	633,9	335,8	82,7	109,2	14,2	0,0
1996	5,0	40,3	141,6	178,0	161,7	316,8	126,3	323,7	57,9	61,5	103,2	35,1
1997	8,3	59,7	7,2	334,4	239,6	837,0	327,8	203,1	294,8	333,2	164,5	33,6
1998	4,1	25,4	30,1	148,2	190,7	130,5	160,6	175,8	91,0	0,0	32,5	63,5
1999	9,1	55,0	3,4	49,1	426,7	493,8	123,4	457,5	413,9	58,4	17,2	19,3
2000	0,0	274,3	9,2	106,9	143,2	1066,4	274,9	361,0	492,8	106,5	49,0	66,0
2001	121,5	16,5	24,0	141,5	663,0	341,0	1060,0	352,0	71,5	63,5	107,0	0,0
2002	0,0	284,5	237,0	108,0	435,5	399,5	267,5	578,5	209,5	524,0	138,0	55,0
2003	49,5	0,0	7,0	21,5	175,0	659,0	287,0	169,5	184,5	174,5	114,5	86,0
2004	0,0	18,0	103,8	342,5	76,5	461,5	508,5	191,0	193,5	235,0	121,0	81,0
2005	12,0	0,0	50,0	29,0	570,5	596,5	410,0	580,0	102,5	49,0	105,0	75,0
2006	77,0	22,0	32,5	167,0	217,0	755,5	626,0	361,0	250,0	232,0	9,0	194,0
2007	21,0	96,0	67,5	136,0	94,0	224,0	477,0	233,0	94,0	88,0	16,0	32,0
2008	7,0	33,5	19,0	148,0	652,0	259,0	337,0	450,0	107,5	53,0	43,0	13,0
2009	7,0	19,0	0,0	66,0	567,0	376,5	194,0	418,5	116,0	189,0	162,0	31,0
2010	18,0	48,0	9,0	17,0	103,0	357,0	400,0	194,7	28,0	95,5	42,0	55,0
2011	59,0	30,0	108,0	225,0	85,0	388,0	343,4	518,1	162,3	47,0	53,0	0,0
2012	6,0	173,8	9,0	49,0	317,0	504,0	113,1	198,0	19,0	81,0	88,0	298,0
2013	10,3	59,7	6,5	16,9	365,0	352,5	260,7	22,5	133,0	102,0	27,5	0,0
2014	32,0	25,0	89,0	84,0	273,0	531,1	399,1	166,0	309,0	35,0	19,0	50,0
2015	0,0	0,0	10,0	38,0	146,0	323,8	398,0	532,0	189,0	128,0	29,0	0,0
2016	5,0	0,0	15,7	216,0	191,0	12,0	347,0	207,0	66,0	160,0	39,0	93,0
2017	20,0	27,0	39,0	127,0	235,0	459,0	184,0	450,0	142,0	195,0	105,0	26,0
2018	0,0	17,0	90,0	197,0	74,0	366,0	139,0	161,0	290,0	184,0	100,0	40,0

Cuadro 27. Relleno datos de precipitación para la estación Las Mercedes												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1986	43	84	108	196	297	350	129	257	80	118	209	18
1987	0	15	102	85,5	186	182	373	277,5	132,5	92	49	23
1988	37,2	0	143,7	76	81	246	225	284	50	113	32	57
1989	23	7	53	15	95	404	274	242	57	54	19	202
1990	26	57	119	133	187	153,8	149,7	169	246	44,5	49,5	21
1991	28	10	26	157	495,5	190	342,6	97	162	74,5	71,5	160,5
1992	23	50,1	117	203,6	602,5	449	209	180,5	177	118,5	24	132,5
1993	73	1	65	135	496	331	341	173	55	93	69,7	78
1994	13	0	49	98	143	304	309	83	151	157	115	120
1995	10	3	52	170	70	347	276	245	52	80	8	0
1996	18	52	67	128	131	195,5	48	212	36	35	86	32
1997	27	23	0	220	267	288,3	197	129,8	207	141,2	75	19
1998	9	6	28	61	119	115	111	141	75	8	14	46
1999	29	27	31	43	172,1	321	162	274	177	32	40	8
2000	31	143,8	42	70	85,5	537	113	176,1	193	70	47	20
2001	78	8	105	62	300	216	412	151	47	26	104	0
2002	11	48	114	95	263	156	204	276	150	295	136	73
2003	28	7	20	35	62	486	158	116	197	105	121	82
2004	0	18	69	212	29	347	249	128	127	179	104	84
2005	24	2	96	46	458	432	207	275	92	38	146	50
2006	81	56	66	170	204,5	350,3	297	267	113	115,5	15	101
2007	20	50	15	155	72	182	266	167	84	76	20	47
2008	21	10	13	104	298	153	237	364	58	48	63	34
2009	4	43	9	70	243	214	80	206	38	173	99	31
2010	35	94	29	2	116,5	209	270	225	40	49	46	89
2011	46	7	79	142	85	265	218	325	125	39	90	6
2012	67	83	37	30	219	297	157,3	112	61	70	54	116
2013	22	42	23	46	261	110	126,5	201	102	31	74	6
2014	58	28	81	80	203	336	253	118	176	54,4	27	17
2015	0	0	0	70	198	214	315	242	130	109	24	52
2016	11	0	25	102	73,5	15	322	124	39	155	77	59
2017	47	52	35	66	121	305	245	204	89,6	99,4	63,1	34,5

Cuadro 28. Relleno datos de precipitación para la estación Malalcahuello												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989	35,5	35	78	26	123	479,1	120,5	264,5	94	105,3	36	342,2
1990	40,5	83,5	153	200,9	324,7	337,5	84,6	349	359,3	113,6	116,1	79,5
1991	54	22,5	87,5	242,4	771	215	419	29	219,6	46,2	119,7	271,6
1992	6,5	49,5	42	305,5	426	323,6	122	91,5	232,7	367	86	179
1993	135,5	6	130,5	310	615	517,2	461	338	115,5	130	195	226,9
1994	64	36	109,5	188,1	229,5	448,5	524	136,5	290,6	333,5	165,5	152
1995	58	12	104,2	244,5	171	698	373	274,5	61	179	51	0
1996	54,5	70	157	235	261	212	127,4	191	101,6	106	141	32
1997	76	65	0	549,5	198,5	618	420	185,5	243,5	247,7	205,4	127
1998	38	29	45	122	111	95	205	189,5	123	22	58	120
1999	44	58	41	110	235	491	105	463	103	56	73,5	80
2000	29,6	251	128	116,5	133,5	602	278	277,5	214,5	124,4	151	130,2
2001	168	40,5	100,8	110,5	544,2	380	655	212	69	43	144	2
2002	59,5	102	237	211,5	276	237	123	288,5	238,5	487,5	302,5	166,5
2003	87,4	30	24	99	77,9	477	242	107,5	244,5	190	81,5	248
2004	18,5	33,5	111,2	447	49	524,2	318,5	134,1	243	360	220	119
2005	63	0	129	83	287,5	273	244	316	85	51	292	83
2006	165,1	46	86	157,5	161,5	448	321	167	245	255	64	212
2007	43	38	40	153	106	76	87	14	23	137	37	125
2008	91	22	19	124	356	228,5	336,5	500	105	104	65,5	40
2009	57	100,5	43	194	460	290	150	363	112	293,5	193	133
2010	55	121	67	28	151,9	370	100	398	24	133,1	71	106
2011	103	25	87	269,5	72,2	306	182,9	234	199	60	159	28
2012	107	205	45	117	406,8	438	119,8	67	127	82	97	286
2013	51,1	102,8	50	88,7	330,3	259,9	212,1	352	163	110	125	4
2014	94	33	109,7	137	284	343,2	264	303,5	272	127,1	62	67,2
2015	0	0	5	118,6	287,8	404,4	462,8	382	116,4	80,6	64,7	118,9
2016	17	9,3	38	147	67,5	30	280,6	362,7	41	162	132,1	144
2017	48,5	60	93	126,1	167,6	332,8	194,4	127	130	180	120,6	84,4
2018	20,3	48,6	187,7	250,1	267,7	451	133,4	211,8	358,3	165,6	144,2	26,3

Cuadro 29. Relleno datos de precipitación para la estación Llafenco												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	126,6	264	48,5	300,5	445	589,5	476	469	224	256,5	271	236,5
1966	25,5	199,5	227	358,5	366,5	717	445	365,5	125,5	213,5	80,6	372,5
1967	378	196	38,5	100	477,5	346,5	317	643	316	334	92,5	108
1968	21,5	233	237,5	148,5	392,5	382	380	362,5	615	232	119	339,5
1969	57,5	121,5	51	505	221	466	585,5	445	418,5	278	161	42,6
1970	67,3	53,2	119,5	236	402	386	495	428	192	149	120,3	199
1971	164,5	176,4	134	203	482,5	321,5	574,9	388,4	268,6	134,9	59,3	261,8
1972	167,1	74,7	160,7	95	768,3	367	744	508,1	438,9	414,9	153	94
1973	165	134	110	156	528	680	409	501	181	374,4	106,6	97,4
1974	136,8	74,1	143,0	91,1	471,7	769,4	374	321	176	128	292	160
1975	8	60	7	345	201	422	480	114	48	27	112	140,6
1976	20	64	102	65	314,5	782	165	186	325	335	155	285
1977	115,9	41	81	362	666	667	875	312	177	270	445	62
1978	63	57	20,5	73	673	240	1140	287	603	362	187	8
1979	57	85	57	78	509	294	490	732	276	437	265	182
1980	15	498	138	471	878	432	515	414	166	26	117	230
1981	254	35	217	283	758	575	305	222	332	83	141	101
1982	133	61	114	51	553	502	741	395	299	455	125	9
1983	165	48	58	249	353	356	338	286	182	278	16	64
1984	178	216,5	99	54	764	471	376	227	223	580	146	129
1985	161	94	260	416	707	428	397	366	295	183	193	40
1986	49	218	267	433	642	552,5	325,5	517	168	157	429	63
1987	16	30	192	286	268	563,5	564,5	311,5	228,5	238	188	147,5
1988	177,5	0	162	211,5	323	606	261,5	529	163	333,5	80	148
1989	162	64,4	108,5	116,5	149	670	536,5	384,5	115,5	141	78,5	355
1990	41	112	282,5	273	563	683,5	307,5	448,5	484	140,5	94	107,5
1991	73	28,5	192	270,5	684,5	345	598,5	210,5	369	109,5	117,5	556,5
1992	4,5	106	130	452,5	693	564,5	319	279	469	567	121,5	246,5
1993	146	24	206	319,5	803	894	805,5	395,5	122,5	198	184,2	357
1994	60	79	129	245,5	411,5	740,5	671	238	385,5	387,5	391	239,5
1995	109	7,5	114,5	431,5	275,5	1018	638,5	555,5	121,5	253,5	86,5	6,5
1996	162	241	201	244	359,5	292,5	121	413,5	235	187,5	101,5	88
1997	181	99	28,5	705	263,5	798,5	841,5	449	252	404	284	163,5
1998	66,5	28,5	48,5	117	191	223,5	239,5	397,5	167,5	39	81,5	124,5
1999	72,5	69,5	95,5	94	466,5	693	231,5	633	471,5	59,5	134	59
2000	62	339	191,5	213	193,5	968	584	393	295	199	183,5	160,8
2001	253,5	62,5	97,5	174	532	619,5	795,5	228,5	111,5	51,5	174,5	14
2002	65	193,5	334	319	445	477	368	378,5	437	710	416,5	237
2003	164	42	64,5	150,5	192	884	473	211,5	372,5	191,5	233	295,5
2004	35,5	76,5	159,5	609	27,5	793	517	280,5	267	494,5	197,5	109
2005	122,5	6,5	206	95,5	939	598,5	375	478,5	145,5	110	456	128
2006	218,5	62	156,5	298	289	843,5	666	423	350,5	330	113,5	283,5
2007	36,5	88	93,5	224,5	224	389,5	649	264	148,2	291	92,3	103,5
2008	33,5	37,5	75,5	271	395,5	528,5	558	930	135	98,5	92,5	41,5
2009	54	82	93	266	728	415	243,5	861,5	185,5	484,5	268	160,5
2010	81	160,5	165,5	80	259,8	641,5	408,5	349	92,5	200,5	190	130
2011	132	92	152,5	389	156,5	498	351	465,5	461,5	73,5	147,5	73,5
2012	99	268,9	79,5	149,5	349	618	267,6	205,5	203,1	90,5	80	350
2013	69,5	126,6	103	110	578,5	419	390	520,3	290	104,5	173,5	32,5
2014	234,5	72	299	245,5	362	557,5	484	320,5	342	159	127,5	95
2015	0	0	15	194,5	578,5	757	646	578	314	169,5	76,5	177
2016	36,5	48,5	52	251,5	72,5	93	396	709,5	136	284	163,5	305
2017	121,5	155,5	127,5	287,5	246,5	539,5	362	619	220,9	265,7	170	113,3
2018	154	29,5	234	294	307,5	662	316,5	389,5	451,5	285,5	206,5	92,5

Cuadro 30. Relleno datos de precipitación para la estación Las Trancas																									
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1962	14	0	8	111	77	523	25	251	102,5	73	31,9	3	1991	30,5	15,5	25	300,7	1006,4	226,5	424,4	60,3	324,4	109	55,9	126,8
1963	3,5	13	59,5	124,5	183	296	654,5	591	395,5	202,5	173,5	33	1992	0	30,2	101,6	198	994	311	235	116	119	195	81	77
1964	0	8,5	11	33	220	207,5	117	206	93	80	110	238	1993	38	0	53	302	770	672	338	276	99,4	196	57	90
1965	48	115,9	6,5	401	370,6	511,5	563	393,5	61	181	171	169,5	1994	22	14	0	283	249	475	484	102	198	140,9	58	88
1966	0	13	21	265	223	547	576,5	324	169	93,5	61	521	1995	0	15	45,5	253	141	644,5	455	179,5	81	141	12	0
1967	168	65	57,5	35	490	87	77	255,5	138	281,5	97	60,7	1996	7	39	152	163	116,4	276	199	239	34	55	83	60
1968	0	51	101,5	51,5	47,5	151	162	245,9	152,5	108	145,5	204	1997	18	50	12	308	172	536,1	208	183	299	213	155	49
1969	0	66	58	294,5	256	603	598,1	304,5	219	133	64	14	1998	23	12	17	103	108,3	302	27,5	144	130	8	56	53
1970	41	4,5	47	110,2	230,6	406,5	297,7	182	95,5	91,5			1999	8	48	10	122	244,5	570,5	83	518,1	637	30,5	14,7	0
1971	19,1	148,4	22,9	72,3	598,5	354,3	343,0	170	126,1	101,1	39,5	34,5	2000	0	284,6	2	100	155	104,1	164	344	381	83	20	74
1972	13	0	143	11	1163	412,0	349,4	495,2	352,8	310,9	88,5	32,1	2001	130	26	5	113	684	468	1106	276	69	36	70	0
1973	0	0	28,5	69	290	371	402	120	52	239	8	24	2002	0	176	159	145	495,6	330,5	122	724	107	438	112,5	66
1974	76	2	32,8	0	569,5	660	190	190	98	23	75	47	2003	47	0	1	31	95,5	549	236	194,2	271	226	130	32
1975	1	175	13	197	467,5	516	183,6	230	116	69	169,5	74	2004	0	24	159	225	122	531,5	439	127	113,5	215	170	98
1976	56,5	55	45,5	21,5	222	619	232	186	233	320	114	137	2005	10	0	43	12	299	554	383	650	56,7	39	87	45
1977	70,7	0	55	101	476	567,4	960,5	148	202	223,9	250,5	41	2006	40,3	22	9	152	325	816	531	118	229	183	5	159,5
1978	8	30	0	0	349,5	331,3	1146,4	103,6	414	378	270,5	13	2007	23	111	45	141	69	145,4	305,7	87,5	76	112,5	23	41,5
1979	45	41	12	113	412	148,8	834,9	649,5	285	81,5	321,5	224	2008	22,5	27	15	126	558	172,9	211	192,6	56	32	35,3	0
1980	0	389	82,6	613,5	733,4	663,9	425	187,8	90,7	1,5	105,6	103,4	2009	5	15	0	79	456,5	311	330	273	79	223	113	44
1981	101,3	25,5	106,6	171,6	1028,8	230,3	163,6	170	114	110	26	38	2010	10	42	5	6	107	234	297	209,8	22,2	32	26	48
1982	50	87,5	67	81,4	527,2	758,5	723,6	377	469	444	80	5	2011	113	12	102	123	49	381	201	312	135	29	2	0
1983	109	15,5	0	152	249,5	522	423	254	116,2	72	4	10	2012	13	116	0	17	288	392,5	19	145,5	9	69	83	146,3
1984	14	104	66	94	587,5	339	323	108,5	247	276,1	30,5	14	2013	0	138,5	0,8	3	301	80,6	53	173	60	10	37,5	0
1985	43,4	7,8	38,3	196,5	583,5	253	273,2	87,3	213	357,9	91,8	0	2014	15	25	52	37	203	250	268	171	245	35	10	25
1986	13,4	48,7	95,3	313	933,2	719,8	222,7	338,8	149,5	402,5	17,5		2015	0	0,5	8	27	16	65	117	125	113	35	15	0
1987	0	5,3	125,3	29	236,7	202	740,3	360	124,5	194,8	58,3	9,2	2016	4	1	10	147	52,2	5	215	195,4	47	173	11,8	53
1988	27	0	78,6	94,1	107	503	202,5	445,9	99,1	95,6	18	48,2	2017	28	38	56	150	161,2	239	180	204	142	194	78	20
1989	19,5	14,3	28,8	0	92,8	543,8	298,9	247,9	45,8	34	22,1	86,9	2018	0	12,5	101,1	71	163	144	77	114	230	218	55	47
1990	29	44	321	208	150,4	206,1	126,5	267,5	379,5	28,1	73,3	171													

Cuadro 31. Relleno datos de precipitación para la estación Mulchén												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1962	0	0	22	82	105	291	46	146	37,9	73	11,5	5
1963	3	30	39	101,5	95,5	222,5	298,5	400	160	90	62,5	7,5
1964	33,5	14,5	5,5	21,5	157,5	86	103	192	58,5	35,5	48	275
1965	28,5	65	21	188,2	144	317	278,5	285,5	55,5	88,5	143,5	67
1966	0	16,4	21	160,5	139	313	296	178,5	52,5	77,5	16,5	146
1967	51,5	62,5	10,5	30,5	224	133,5	206,5	136	87,5	65,5	29,5	37
1968	0	55,5	24,5	72,5	25,5	121,2	64,1	80,5	129,8	54,5	86,5	85
1969	0	22,8	10	100,2	194,5	290,3	163,5	179,1	79,3	91,9	114	6,5
1970	20,7	5,5	13	44,8	100	291	163,5	81,5	64,5	24	78	58,5
1971	12	49,5	26,5	61,8	204,6	211	218,8	121,2	53	46,5	13	90,5
1972	46,5	0	0	60	396,5	234,3	235,3	206,2	178	128,7	69	17
1973	9	19,7	24	69,1	160,7	194	170,1	69,8	39,3	201,7	12	8,5
1974	37,3	11	29,5	0	149	350,3	106,2	66,6	62,3	0	39,5	70,5
1975	0	52,4	10,6	119	281	242,4	206,5	140,4	50,2	46	52,8	20,2
1976	24	6	43,1	5,1	52,6	163,4	74,2	80	108	155,8	68,1	87,7
1977	86,2	1,5	34,2	77,5	313,2	249,7	360	135,1	71,9	115,1	96,1	53,2
1978	5	8,9	1	7,4	1	168,2	441,6	75,7	196,3	108,4	124,8	0
1979	33,5	7,1	4	44,3	172,6	88	269	222,9	153,7	31,2	164,3	99,2
1980	0,5	101,6	20,7	218,5	433,1	216,7	215	108,8	90,1	1,5	38,7	104,4
1981	209	12,4	36	115,3	530,6	112,6	210,5	107,9	58,7	40,7	0	20,5
1982	42,1	27,7	18,8	37,4	295,1	271,6	249,2	226,1	171,2	105,2	51,8	0
1983	9,6	6,5	7,5	67,8	165,1	208,7	147,5	153,5	59,3	35,7	0	5,5
1984	36,6	40,5	28	29,7	578,9	181,2	258,3	97,2	125,7	200,8	13,9	13,7
1985	60,1	4,5	35,4	137	240	149,4	131,3	69,6	139,4	118,9	47	7
1986	9,5	18,3	63,4	216,4	248,1	333,9	94,4	185	88,3	66,3	198,8	18,6
1987	0	5	64,2	66,4	220,4	125,6	354,5	231,8	101,9	86,9	26,2	32,8
1988	25,8	0	19,7	57,2	52,6	221,8	179,8	263,7	41,7	41,8	0	30,9
1989	17,2	1,2	45,4	8,3	100,4	361,9	174,7	170,8	0	25,5	10,7	177,4
1990	17,3	31,9	0	78,8	129,2	127,1	133,4	162,1	166,5	43,5	47,9	2,3
1991	20,6	10	20,3	151,8	420,4	152,4	276,1	102,6	87,6	70,8	25,9	114,6
1992	0,8	16,7	51,7	125,2	602,9	343,6	100,1	153,2	141,1	93,9	26	90,6
1993	21,7	0	46	120,5	385,5	290,1	253,8	154,1	24,3	82,5	28,1	25,8
1994	0	1,6	34,2	114	90,6	314,8	284	35,4	134,9	106,2	40,3	56,6
1995	6,9	0	23,8	122,4	45,3	253,4	232,1	236,7	35,4	67,7	15,8	0
1996	2,5	21,3	59,7	79,9	97,8	193,9	40,8	203,3	23,5	21,8	60	7,7
1997	20,6	39,9	0,4	248,4	188,8	297,6	240,5	78,9	132,2	158	85,5	33,6
1998	2,8	3	16,1	78,5	120,8	111,1	81	99,6	125,4	0,4	21,5	8,8
1999	25	14	7,7	28,5	157,9	391,5	155,6	272,2	199,8	21,1	10,6	73,9
2000	1,5	97,9	18	72,4	79,3	507,1	109,7	225,8	216,1	29,3	14,5	37,3
2001	40,5	11,5	88,3	54,5	330,9	184,8	418,8	164	42,3	41,3	67,3	0
2002	22,7	71,2	92,8	92,3	238,5	142,9	161,8	296	162,4	218,3	129,2	38,5
2003	15,9	1,5	29	34,3	50,3	382,6	108,1	87,2	155,9	75,4	82,7	21,2
2004	0	17,6	76	134,5	30	262	161,6	130,2	106	139,7	34,9	29,2
2005	9,3	0	49,9	23	363,3	388,6	140,5	189,8	53,1	26,9	62,1	51,9
2006	26,7	18,3	27,6	100,5	164,9	343,7	303,4	183,5	71,6	106,7	12,8	87
2007	35,5	67,4	2,9	143,2	73,1	140,2	183,6	179,7	65,3	26	13,3	35,7
2008	3,5	0,2	11	68,8	365,4	156,5	233,7	287,2	69,6	25,9	52,2	9,9
2009	8,4	13,2	2,5	23,1	272,8	291,4	134,8	593,4	87,5	143	104,2	7,7
2010	18,5	90,5	32,2	5,2	71,3	239,9	236,2	185,7	23,2	40,6	59,3	54,1
2011	34,6	45,5	97,1	135,1	60,9	233,2	183,8	296,3	114,9	24,7	43,7	2,3
2012	16,4	109,8	12,1	5,7	188,3	228,2	33,2	134,5	44,5	37,8	75,4	105
2013	3	27,2	7,3	48,2	194,4	143,4	77,6	161	78,9	42	16,8	0
2014	31,2	20,1	101,7	114,3	144,9	363,1	339,1	128,6	208,5	34,5	11,4	11,7
2015	0	0	0	43	109,7	181,3	299,1	216,5	107,5	111,5	24,2	21,7
2016	7,5	0	22,8	103	65,1	11,9	390	91,8	46,2	81	54	42
2017	0	16,1	29,9	37,5	99,1	226,9	119,5	263,1	117,5	138,9	48,6	12,7
2018	16,7	22	131,4	145,3	200,4	206,4	76,1	109,2	172,2	79,5	108,9	38,9

Cuadro 32. Relleno datos de precipitación para la estación Trupán

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1963	14,2	24,2	48,8	110,0	134,8	197	323	424	237,3	149	104	5	1991	43,5	0	13,2	148	560,5	220	259,2	47,6	156,3	70	44	120,4
1964	64	26,8	19	26	80	235	203	265	171	34	114	157	1992	0	38,5	18,3	153,9	812,1	375,9	167,5	143,3	179,3	128,7	51,6	92,2
1965	71	51	9	140	204	394,5	334,4	279,3	89,6	141,2			1993	38,9	0	95,1	218,8	449,4	567,3	343,6	311	109,7	126,3	69,8	66,3
1966	0	7	30	125	122	370	263	308	76	103	45	281	1994	35,3	27,8	12,7	267,1	144	399	300,3	72,4	187,5	142,8	48,6	59,2
1967	8	88	71	12	268	165	181	216	169	181	94	36	1995	8,5	7	26	199,8	86,7	389,5	435,3	308,2	41,4	91,7	19,5	0
1968	0	53	83	65	27	210	97	136	172,5	77	82	150	1996	6,1	28	147,1	103,4	142,4	198	51,1	253,4	37,7	96,2	86,4	62,7
1969	0	44	63	225	192	534	231	303	149	100	32	11	1997	33,1	68	3	322,7	215,5	549,3	215,9	127,3	234,7	238,3	109	36
1970	36	8	78	95,1	164	406	271	163	102	79	44	136	1998	7	7	25	92,5	239	152	90,9	133,2	84,1	18,6	39	28
1971	14	134	29	54	304	265	362	176	87	59	29	156	1999	26,5	64,5	6,7	53,3	316,6	465,6	107,4	302,4	319,3	56,1	19,9	2
1972	67	10	118	57	851	341	280	439	248	341	101	23	2000	7	300,5	16,6	83,6	78,8	764,1	129,1	161	305,6	71,9	32,1	65,5
1973	23	0	69	45	263	311	268	120	102	233	25	31	2001	115,5	25,3	42,9	108,6	450	258,9	513,6	233	44,8	61,5	101,9	0
1974	35	7	46	0	250	759	130	32	133	42	71	57	2002	1	188,5	123,7	141,1	300	237	250,1	380,4	216,5	408,6	131,9	28
1975	0	51,7	11	196	313	283	414	216	102	52	86	0	2003	34,5	3,5	12,5	62	95,4	477,2	169,4	153,3	194,5	115,4	73	53,8
1976	9	0	38	11	97	373	178	150	113	258	54	74	2004	0	29,3	87,6	247,5	27,5	369,3	327,5	118,2	148	169	91,8	66,3
1977	50	0	67	120	323	356	528	156	152	188	234	72	2005	16,8	1	57,2	37,6	461,4	569,4	221,6	346,5	45,9	39,5	119,8	70,3
1978	6	4	0	0	246	161,3	599	111	284	177	125	5	2006	58	13,5	48	119,3	104,8	402,4	520,1	286,2	177,2	185,5	22	205,5
1979	31	14	18	33	281	94	391	392	204	43	161	85	2007	21,5	63,5	13,7	139,1	57,5	176,8	343,8	169,3	75,5	40,2	15,2	44
1980	0	203	59	364	469,2	430	311	163	101	11,7	98	77	2008	9	6,4	14,5	99	430,2	129,9	311	341,3	111,3	71,5	27,5	8,5
1981	172	24	74	139	459	263	188	160	80	95	25	30	2009	10,8	25	26	70,5	390	294,5	186,5	363,7	81,6	152,3	184	4
1982	78	70	50	71	441	439	471	225	314	252	122	3	2010	24,5	50,8	24,8	25,7	91	335,8	275,6	246,3	31,5	40,8	71	71,5
1983	96	11	0	87	162	414,6	299	136	113	40	3	31	2011	81,3	26,5	80,8	125,2	65,2	283,6	202,9	389,3	162,8	44,3	45,6	0
1984	18	106	34	70	471	291	354	146	227	239	10	2	2012	12,3	67	20	37,2	171,5	239,6	65	114,8	60,5	33	87	188,6
1985	73	10	37,9	128,5	358,6	192,3	203,8	80,2	187,6	218,6	41	0	2013	7,5	38,7	41	34	284,8	243,7	162,6	231,8	139,7	108	41,4	0
1986	0	10,1	36	163	326	445	39	194	27	48	291,5	0	2014	40	47	130,2	108	194	383,1	294	247,9	201,1	19	14,5	36,2
1987	0	14	101,7	54,1	177,6	129,1	408,1	286,4	142,3	160,2	16	7,5	2015	0	2	0	58	94,8	330,8	345,7	362,4	164,8	181,4	58	7,5
1988	48	0	82,7	127,1	79,2	327,4	239	331,4	51,9	56,3	58	12,9	2016	10,5	0	32,3	147	47,3	7	294,6	198,8	38	129,0	47,2	56,3
1989	36,5	5	34,2	4,2	84,2	411,7	185,9	157,9	56	51,2	3,2	114,1	2017	47,5	42,3	26,8	99	117,3	300,8	194,7	315,5	152	238,3	86,8	50
1990	37,3	45,8	98	103,4	141	164,6	172,1	179,1	302,9	65,9	29,2	0	2018	25,5	30,5	106,1	148,5	215	217,5	87,5	122,7	272,3	119	181	62