



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA**

Caracterización y Análisis de las sequías y olas de calor (1977-2020) en Talca.

MEMORIA DE TITULO

SOFIA FERNANDA TAPIA HUERTA

TALCA, CHILE

2021

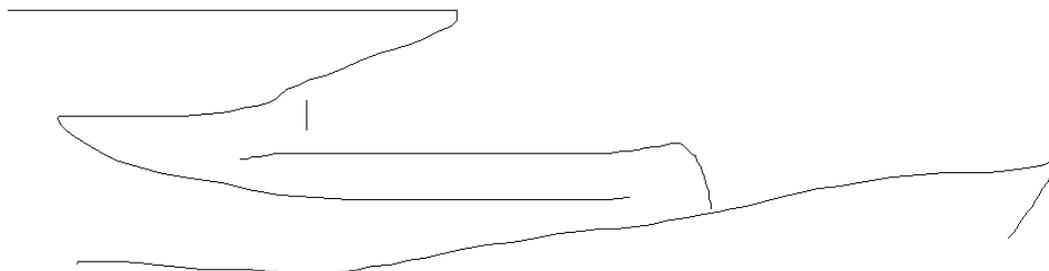
CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.

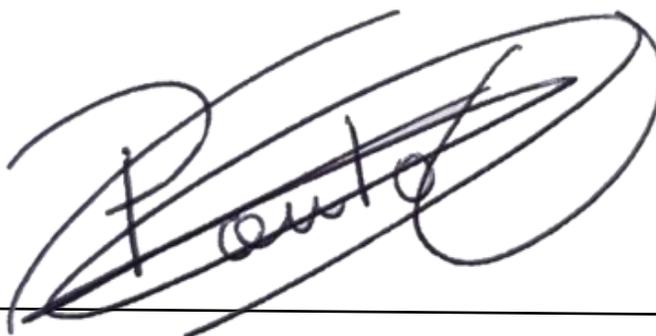


Talca, 2021

APROBACIÓN:



**Profesor Guía: Lic. Geografía Mg. Sc. Patricio González C.
Profesor Conferenciante
Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias**



**Profesor informante: Ing. Agr. PhD. Paulo Cañete S.
Profesor Co-guía
Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias**

Fecha de presentación de Memoria de Título: 14 de enero de 2021

AGRADECIMIENTOS

La totalidad de mis agradecimientos se los lleva mi madre, Elizabeth Huerta Silva a quien le agradezco todo su esfuerzo para darnos a sus tres hijas cada herramienta para ser quienes queremos en esta vida, acompañado de incontables cuotas de amor incondicional, paciencia y comprensión, también agradezco a mis hermanas, Michelle y Eloísa que siempre estuvieron ahí para darme ánimo cuando no podía viajar a casa por estudiar y me llenaron de grandes dosis de mimos cuando llegaba.

Agradecer también a mis tíos, Cris, Erick y Nana que nos regalonean como si aún fuésemos pequeñas y nos alientan en cada paso que damos, a mis abuelos que creen en mi mucho antes que yo y que me entregaron las recargas de energía cuando la U se ponía muy cuesta arriba.

Agradecer también a mi roommate, amiga, hermana del alma Camila Valdés Fuentes por sus largas conversaciones por las noches, las pijamadas de celebración cuando aprobábamos ramos muy complejos, los abrazos de cuando reprobábamos otros, las salidas improvisadas a comprar mercadería y los miles de anécdotas de sucesos gracioso. Un inmenso gracias a sus padres también (Tía Refa y Profe Brandy) que me trataron como una integrante más de su familia.

Otro gran gracias al universo por haberme cruzado con mis amigos, mi familia talquina, parte fundamental de la sobrevivencia universitaria, que hicieron mucho más divertida esta experiencia, por todos esos trasnoches de estudios y no de estudios que se atesoran por siempre en mi corazón.

Por último, agradecer a mi profesor guía Patricio González Colville por entregarme junto a Paulo sus conocimientos y por ayudarme en cada paso del desarrollo de esta memoria.

RESUMEN

La zona central del país ha sido abatida por eventos de sequías en varias oportunidades, encontrándose actualmente afectada por una megasequía que comenzó el año 2007, la cual trajo consigo un déficit en las precipitaciones y un alza considerada en las temperaturas. La región del Maule es la segunda región con mayor producción agrícola del país y se encuentra propensa a sequías invernales y el desarrollo de olas de calor, es decir una reducción recurso hídrico. Esto ha generado una disminución de la producción agrícola debido a la falta de agua. El objetivo de este estudio es entregar un análisis del comportamiento de las temperaturas y precipitaciones abarcando entre 1977-2020, para la ciudad de Talca.

Los resultados señalaron que existe un aumento en el número de olas de calor y eventos cálidos del siglo pasado en comparación con el siglo XXI. Por su parte las precipitaciones han ido en descenso los últimos 120 años, produciéndose en este último siglo un 61.9% de meses más secos por sobre los húmedos, todo esto en conjunto de la sequía más larga (14 años a la fecha), más intensa (intensidad media 162.2 mm) y de mayor magnitud (2270.6 mm) en la historia de la ciudad. La correlación del aumento en las temperaturas y la presión superficial del mar se reduce de un 46% a un 2% en comparación con el siglo anterior, demostrando la inestabilidad climática y preponderancia del cambio climático por sobre los fenómenos ENOS.

Los resultados muestran que las variables del clima se han visto alteradas en su normalidad producto de la sequía que se atraviesa, por lo cual un análisis de las variables climáticas es una herramienta importante para los agricultores nacionales.

ABSTRACT

The central zone of the country has been hit by drought events on several occasions, and is currently affected by a megadrought that began in 2007, which brought with it a deficit in rainfall and a significant rise in temperatures. The Maule region is the second region with the highest agricultural production in the country and is prone to winter droughts and heat waves, it means a reduction in water resources. This has led to a decrease in agricultural production due to the lack of water. The objective of this study is to provide an analysis of the behavior of temperatures and precipitation between 1977-2020 for the city of Talca.

The results indicated that there is an increase in the number of heat waves and hot events in the last century compared to the 21st century. Precipitation has been decreasing over the last 120 years, with 61.9% drier than wetter months in the last century, all this in conjunction with the longest (14 years to date), most intense (average intensity 162.2) and largest drought (2270.6) in the history of the city. The correlation of the increase in temperatures and sea surface pressure is reduced from 46% to 2% compared to the previous century, demonstrating the climatic instability and preponderance of climate change over ENSO phenomena.

The results show that climate variables have been altered in their normality as a result of the current drought, which is why an analysis of climate variables is an important tool for national farmers.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos:.....	2
2. REVISION BIBLIOGRAFIA	4
2.1. Climas de Chile	4
2.2. Comportamiento de la Temperatura en Chile.....	4
2.3. Olas de calor y eventos cálidos en Chile.....	5
2.4. Precipitaciones	6
2.5. Tipos de Sequía	6
2.5.1. Sequía meteorológica	6
2.5.2. Sequía hidrológica.....	7
2.5.3. Sequía agrícola o hidroedáfica	7
2.5.4. Sequía económica.....	7
2.6. Sequías en Chile y Olas de calor	8
2.7. Sequía en la Región del Maule.....	8
2.8. Efecto de la sequía en la agricultura de la Región del Maule.....	9
2.9. Efectos de la sequía para los agricultores de la Región del Maule	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Descripción de la investigación.....	11
3.2. Variables del estudio	11
3.2.1. Olas de calor	11
3.2.2. Pluviometría	12
3.2.3. Evento Niño y Niña.....	13
3.2.4. Heladas.....	13
3.3. Análisis de la información	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1. Umbrales de olas de calor.....	15
4.3. Calculo eventos cálidos durante los meses de verano	18
4.4. Análisis precipitaciones.....	19

4.5. Caracterización sequías	23
4.6. Análisis días con heladas	25
4.7. Análisis multivariado de la información.....	26
5. CONCLUSIONES.....	30
6. CITAS BIBLIOGRAFICAS.....	31
7. ANEXO	35

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 4.1. Umbrales obtenidos para cada día del año para la ciudad de Talca.....	15
Cuadro 4.4. Porcentaje del número de años con mayor número de meses húmedos y secos agrupados en el siglo XX y en el siglo XXI.....	21
Cuadro 4.5. Representación de eventos de sequías ocurridos dentro del periodo comprendido entre 1977-2020, para la ciudad de Talca.....	24
Cuadro 4.7. Matriz de correlación de Pearson para datos climáticos de Talca desde 1951 hasta 1999.....	25
Cuadro 4.7.1. Matriz de correlación de Pearson para datos climáticos de Talca desde 2000 hasta 2019.....	26

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 3.1. Campana de gauss representativa de cómo obtener el percentil 90 (Fuente: Dirección meteorológica de Chile, 2020)	12
Figura 4.2. Gráficos de números de calor y las temperaturas más altas alcanzadas en los meses de verano durante el período de 1977-2020.....	17
Figura 4.2.1. Cantidad total de días de la ola de calor más extensa de cada mes del periodo de verano en la ciudad de Talca.....	18
Figura 4.3. Gráficos de los meses de verano representativos de la totalidad de eventos cálidos y las temperaturas promedios durante el período de 1977-2020.....	19
Figura 4.4. Tendencia y proyección de la pluviometría en base a promedio móviles registrados en la ciudad de Talca.....	20
Figura 4.4.1. Cantidad de meses húmedos y meses secos de cada año durante el periodo 1977-2019 en la ciudad de Talca.....	21
Figura 4.5. Representación de eventos de sequías dentro del periodo 1977-2020 para la ciudad de Talca.....	23
Figura 4.6. Suma de días con heladas por año en la ciudad de Talca en periodo comprendido desde 1915 a 2020.....	24
Figura 4.7. Análisis de componentes principales (ACP) para datos climáticos de Talca desde 1951 hasta 1999.....	27
Figura 4.7.1. Análisis de componentes principales (ACP) para datos climáticos de Talca desde 2000 hasta 2019.....	28

1. INTRODUCCIÓN

Una serie de eventos de sequías, con distintas duraciones temporales y momentos de ocurrencia han perturbado de manera frecuente la zona central del país (que abarca desde la región de Copiapó a Ñuble). Eventualmente el déficit de precipitaciones que han afectado a esta zona supera el 50% como ocurrió en las sequías de 1903, 1909, 1924, 1968, 1989 y 1998 (Centro de ciencia del clima y la resiliencia, 2015). Esto dio origen a la construcción de embalses, subsidios agrícolas y otro tipo de medidas que permitieron resguardar a los productores en caso de la ocurrencia futura de estos eventos (Centro de ciencia del clima y la resiliencia, 2015).

Chile en la actualidad se encuentra expuesto a una situación de megasequía. cuyo inicio fue en 2007. La Dirección General de Agua (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) declaró, en 2019, que se encuentran con decreto vigente para escasez del recurso hídrico en 3 regiones: Valparaíso, Metropolitana y del Maule.

La Región del Maule según lo que señala Aguilar (2016) en ODEPA, es la segunda zona del país con mayor aporte a la agricultura del país. Su emplazamiento geográfico se sitúa entre los 34° 41' y los 36° 33' de latitud Sur, cuyos rasgos geomorfológico típicos de Chile mediterráneo son la cordillera de la costa, secano interior, valle central pre y cordillera de los Andes (BCN, 2020). La Región del Maule posee un clima clasificado como cálido templado lluvioso con estación seca prolongada (Inzunza, 2019). Esta caracterización climática la deja expuesta, entre otras cosas, a dos vulnerabilidades importantes para la agricultura: ocurrencia de sequías invernales y ocurrencia de olas de calor en verano

La ciudad de Talca (35° Latitud Sur), capital de la Región del Maule, posee un largo historial de registro termo-pluviométrico. Según el Banco de Datos de la estación agroclimatológica del Centro de Investigaciones y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Universidad de Talca, las observaciones pluviométricas se iniciaron en 1900 y las de temperaturas en 1976. En agroclimatología analizar las tendencias de estas dos variables resulta fundamental ya que ambas inciden en la calidad y cantidad de la producción final.

Cuando ocurre una sequía la actividad económica más expuesta a pérdidas es la agricultura, por su gran dependencia al recurso hídrico la cual llega al 72,3% del agua dulce en Chile (MOP, 2020). En la ciudad de Talca se desarrollan distintos cultivos importantes para el sustento de agricultores y sus familias, la sociedad nacional de agricultura (2020) señala que ya existe un 6% menos de producción frutícola, esto significa una pérdida de 66.000 toneladas de fruta.

Fernando Medina, presidente del gremio agrícola de la Región del Maule señaló en una entrevista (Cooperativa, 2020) que la situación que está viviendo la región por la disminución del recurso hídrico era dramática para los agricultores.

A la fecha no se han realizado estudios específicos agroclimáticos sobre tendencias en la pluviometría y olas de calor en Talca, que ayude a la agricultura a encontrar, por un lado, respuestas a la realidad incierta y, por otro, conocer los probables escenarios dinámicos generados por el cambio climático.

La presente memoria estudiará las ocurrencias de sequías, megasequías y olas de calor en Talca en base a los datos de la estación agroclimatológica de la Universidad de Talca. Consideraremos olas de calor cuando la temperatura máxima diaria supere el percentil 90 diario de distribución histórica, por 3 días consecutivos, en cualquier mes del año (Dirección Meteorológica de Chile, 2020) utilizando como definición de sequía climatológica como la disminución de la cantidad de agua caída consecuencia de un déficit pluviométrico (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

1.1. Hipótesis

La ciudad de Talca ha registrado una disminución mensual y anual de la pluviometría en los últimos 120 años y un aumento progresivo de las olas de calor y eventos cálidos estacionales, desde 1977 a la fecha, derivados del cambio climático tanto de largo como de corto plazo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

Describir las características que han venido presentando las sequías, olas de calor y eventos cálidos durante los últimos 120 años que pudieron poner en riesgo las futuras actividades agrícolas en la ciudad de Talca.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Calcular las olas de calor diarias para el periodo 1977-2020, en base a las temperaturas máximas diarias para cada mes del año.

- Caracterizar gráficamente las tendencias diarias y mensuales de las olas de calor para determinar su variabilidad y los porcentajes de mayor o menor ocurrencia en el periodo considerado.
- Analizar los “eventos de calor” diarios, su frecuencia e intensidad.
- Establecer una relación descriptiva entre las olas de calor y las sequías.
- Analizar las sequías en cuanto a duración, frecuencia e intensidad en base a los déficits anuales para el periodo 1977-2020.
- Proponer una clasificación de las sequías en base a sus porcentajes de déficit y duración temporal.
- Cuantificar la influencia de las sequías en la mayor o menor ocurrencia de heladas.

2. REVISION BIBLIOGRAFIA

2.1. Climas de Chile

El complejo sistema climático al cual pertenece Chile está compuesto por la interacción constante de los subsistemas atmósfera, hidrosfera, litósfera, biosfera, criósfera y subsistemas socioeconómicos y urbanos (Pontificia Universidad Católica de Chile, s.f.). Estos subsistemas afectan en distintas escalas a las precipitaciones que registran los territorios. Esto se explica en parte por factores climáticos de tipo geográfico (latitud, altitud, distancia al mar, etc.) y de tipo termodinámico (centros de acción, circulación atmosférica, vientos, etc.) (Meteo Navarra, s.f.).

En el caso chileno, su amplia extensión latitudinal, relieve, su situación de fachada occidental del continente y los distintos tipos de tiempo inciden y definen los patrones pluviométricos y térmicos a escala regional y local (Sarricolea *et al.*, 2016)

Una cualidad principal del sistema climático es su constante variabilidad, las cuales, en el transcurso de los últimos siglos, y en especial el siglo XX, ha entregado una evidente tendencia ejercida por el actuar del ser humano. Esto se refleja en las emisiones de gases de efecto invernadero, que conlleva a un alza sostenida en la temperatura promedio de la tierra, la cual alcanza ya 1°C de aumento por sobre el periodo industrial (AR5 del IPCC, 2013).

La variabilidad posee diferentes escalas temporales y espaciales, en las que encontramos la escala sinóptica donde existen patrones de variabilidad de distinta frecuencia siendo la de mayor interés climático las de baja frecuencia, denominadas también como teleconexiones. Estas conexiones se definen como los vínculos a grandes distancias de condiciones climáticas (Barry y Chorley, 1999).

En Chile centro y sur ejercen influencia la Oscilación Antártica (AAO), Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y El Niño Oscilación del Sur (ENSO), los cuales, mediante sus fluctuaciones periódicas contribuyen en conjunto con el factor orográfico y latitudinal, a la distribución espacial que presentan tanto las precipitaciones como las temperaturas. En el caso del centro y sur de Chile, las teleconexiones son determinantes en la variabilidad interanual de la precipitación (Aceituno, 1992).

2.2. Comportamiento de la Temperatura en Chile

Para medir diferencias y saber si existen cambios en el comportamiento de la temperatura o variables climáticas en general, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda

comparar la situación actual con el período climatológico que comprende desde 1981-1990 (Dirección Meteorológica de Chile, 2020).

Dentro de estas comparaciones, la Dirección Meteorológica de Chile (2020) señaló las siguientes anomalías a lo largo del país: La ciudad de Calama aumentó su temperatura generando una temperatura mínima de 4,4 nominada como la temperatura mínima más cálida del año, el desierto de Atacama alcanzó los 31,8°C, Copiapó 23,8, Combarbalá 34,7 el día 1 de agosto, superando así su propio récord.

La zona Central (que abarca de La Serena a Ñuble) definitivamente es la zona que más golpes ha recibido por parte del cambio climático. Estos cambios en la temperatura pueden apreciarse en Santiago que marcó máximas promedio de 24,3 mientras que Curicó alcanzó los 22,5 °C. (Dirección meteorológica de Chile, 2020)

En la zona sur y Austral también se generó un alza en la temperatura dentro de los días 3 y 4 de febrero, en Temuco se llegó a marcar 40,7 °C, Valdivia 38,5°, Osorno 36,8°C, Puerto Montt 35,1°C, Coyhaique 35,7°C y Balmaceda 35,3°C (Dirección meteorológica de Chile, 2020).

Durante el mes de enero precisamente Temuco y Osorno registraron una baja en sus temperaturas mínimas de -0,2°C, en Valdivia ocurrió una baja de -0,4°C mientras que en Puerto Montt se alcanzó una baja de 0,7°C el 10 de enero (Dirección Meteorológica de Chile, 2020).

2.3. Olas de calor y eventos cálidos en Chile

La Olas de calor se definen como aquellos eventos en los cuales se alcanza una temperatura máxima diaria que supera el percentil 90 diario de una distribución histórica, durante 3 días seguidos o más, este fenómeno puede ocurrir en cualquier momento del año, por lo que existen olas de calor y olas de frío (Dirección Meteorológica de Chile, 2020). Por su parte eventos cálidos son aquellos en los cuales las temperaturas máximas diarias son iguales o superiores al umbral, por uno o dos días (Dirección Meteorológica de Chile, 2020)

El año 2019 logro consagrarse como el año con mayor número de Olas de calor en los va de la vigente megasequía (Vicencio, 2020). Las ciudades de Calama y Santiago sumaron la cifra de 13 olas de calor en total, lo cual significo que los habitantes de estas ciudades debieron someterse a 47 días bajo estas extremas temperaturas, esto durante invierno y también en periodos de verano. (Vicencio, 2020). Por otro lado, la ciudad de Temuco también presento un número no menor de olas de calor, registro un total de 10 olas de calor a lo largo de 2019, contabilizando un total de 37 días bajo extremas temperaturas.

Para las ciudades de Valparaíso, Curicó, Chillán, Coyhaique y en la Península Antártica se registraron entre 5 a 7 olas de calor (Vicencio, 2020).

2.4 Precipitaciones

Chile es un país que posee variados climas debido a su alargada extensión meridional (Insunza, 2006) es por esto que sus precipitaciones abarcan extremos como 0,7 mm en la ciudad de Iquique y 1814,8 mm en la ciudad de Valdivia, los cuales se registran en las estaciones meteorológicas durante una estimación de 3 días para la zona norte, entre 16-42 días para la zona central y puede ser un poco más de 150 días en la zona sur del país, lo que caracteriza la variación de las precipitaciones en Chile (Sarricolea y Martín-Vide, 2012).

Normalmente ocurre que durante un evento de sequía las precipitaciones no alcancen la media estimada (Santibáñez, 2018). Una ilustración de esto está ocurriendo en la actual megasequía, entre los años 2007 y 2018 ha ocurrido un déficit continuo en las precipitaciones debido a la sequía que se enfrenta en el país, superando un récord en la mantención prolongada de esta baja acumulación hídrica. (Santibáñez, 2018).

2.5. Tipos de Sequía

La mayoría de las definiciones que incluyen la palabra sequía se refieren a esta como un déficit pluviométrico que conlleva una extensa duración a través del tiempo (Valiente, 2001).

Pero es muy difícil utilizar una única definición, puesto que esta varía dependiendo de la disciplina científica que se está analizando (Valiente, 2001).

2.5.1 Sequía meteorológica

Para el presente estudio utilizaremos esta definición de sequía, la cual es la encargada de dar origen a los demás tipos de sequías (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.). Esta se denomina de tal manera cuando las precipitaciones comienzan a disminuir de forma continua, interrelacionándose con la forma en que se comporta el sistema océano - atmósfera, en la que participan factores naturales y también antrópicos, como la tala de árboles y el aumento de gases de efecto invernadero (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

Este tipo de sequía varía según la región en la que se presenta debido a que las condiciones atmosféricas que generan el déficit pluviométrico son muy cambiantes entre una región y otra, también puede provocar algún aumento en las temperaturas, vientos de alta intensidad, disminución

en la humedad relativa (HR) aumento en la evapotranspiración, menos cobertura por las nubes y más insolación, lo que desemboca en un disminución en la tasa de infiltración de aguas, menos porcentaje de escorrentía, disminución en la percolación profunda y que se produzca menos recarga de aguas subterráneas (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

2.5.2. Sequía hidrológica

Es aquella sequía donde el umbral del volumen de un caudal respecto a un periodo de tiempo, se encuentra bajo el rango habitual, es decir, que el recurso hídrico que suele estar disponible de manera subterránea y superficial durante un periodo de tiempo se ve disminuido en comparación a una media, imposibilitando cubrir las demandas solicitadas (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

Esta sequía puede tardar largos periodos de tiempo en pronunciarse, caso que no ocurre para las sequías agrícolas y meteorológicas. (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

2.5.3. Sequía agrícola o hidroedáfica

Cuando los cultivos no poseen suficiente cantidad de recurso hídrico para poder realizar sus actividades metabólicas en cualquier etapa de su crecimiento, debido a que el suelo no puede brindarles tal cantidad, es cuando hablaremos de sequía agrícola (Valiente, 2001).

Debido a que la cantidad de recurso hídrico que necesita cada cultivo va variando a medida que este va creciendo, no es correcto utilizar umbrales transversales de sequía agrícola independiente que se encuentren en una misma zona geográfica (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

2.5.4. Sequía económica

Esta sequía se produce cuando la cantidad de agua disponible es menor a la habitual, a tal punto que esta genera repercusiones negativas en la economía, para denominar una sequía como de tipo socioeconómica no se necesita escasez del recurso hídrico, sino que es suficiente con que algún área del tipo económica se vea afectada por el déficit. (Valiente, 2001)

Usualmente esta sequía ocurre después de la sequía agrícola en regiones menos desarrolladas, donde la agricultura es el principal sustento en materia económica por lo que las repercusiones son más rápidas que en regiones con mayor desarrollo. (Valiente, 2001)

2.6. Sequías en Chile y Olas de calor

La presente sequía que está afectando a Chile desde Coquimbo a Los Lagos desde 2007 cumplió más de una década presente en el país, por el nivel de duración y extensión espacial se le denomina Megasequía (Garreaud *et al.*, 2017; Garreaud *et al.*, 2019).

Chile ha vivido varios eventos de megasequías, estos ocurrieron durante: 1901-1903, 1908-1911, 1923-1925, 1943, 1945-1949, 1954-1958, 1967-1971, 1975-1976, 1988-1990, 1993-1996, 1998-1999, 2003-2004, 2007 hasta la actualidad (Garreaud, 2014)

Desde hace más de una década que las máximas temperaturas han ido en alza, lográndose ver un mayor incremento cuando la altura supera los 1000 m. Esto también se debe a los gases de efecto invernadero que se encuentran en la atmosfera terrestre (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2015).

Durante el período que abarca 2010-2014, una gran parte del total de estaciones meteorológicas de la zona central de Chile (desde La Serena a Chillán) y la precordillera mostraban temperaturas medias y máximas superiores por 0.5 y hasta 1.5°C del umbral climatológico calculado entre los años 1970 y 2000. (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2015).

Una consecuencia del alza de las temperaturas en la zona central se vio reflejado en la laguna Acúleo en la Región Metropolitana, donde el promedio estimado en los años 1970-1997 sobre la evaporación anual era de 1200mm, debido a un aumento de 0,8°C en la temperatura, se elevó en un 10% más la evaporación (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2015).

2.7. Sequía en la Región del Maule

La Región del Maule posee 7 embalses con disponibilidad para el uso de riego, pero solo cinco se utilizan solo con este fin, los embalses Planchón, Ancoa, Bullileo, Digua y Tutuvén los otros dos Lago Colbún y Laguna del Maule tienen uso para la generación de energía eléctrica y para el riego (DGA, 2020).

La laguna del Maule es de lenta recuperación, tarda más de un año en el proceso de llenado debido a que se abastece solo a través de la nieve invernal (Diez, 2020).

Esta laguna tiene una capacidad de 1420 mill-m³, siendo actualmente el embalse con más déficit en la región, alcanzando los 258 mill-m³ en el mes de julio del presente año (DGA, 2020).

Según un boletín entregado por la Dirección General de Agua (2020) la Región del Maule a pesar de las lluvias que se presentaron durante el mes de julio, aún sigue presentando un déficit de 12% en todos sus caudales en comparación con el promedio histórico del mismo mes (mes de julio) entre los años 1981 y 2010.

2.8. Efecto de la sequía en la agricultura de la Región del Maule

La disminución en las precipitaciones y en la acumulación de nieve en gran parte de la zona central de Chile ha provocado consecuencias en la agricultura del país. (Copefrut, 2019).

Fedefruta (2020) realizó una encuesta para conocer el panorama de la agricultura en la Región del Maule. La encuesta arrojó en sus resultados que el 70,5% de los agricultores considera esta situación como delicada, el 16,4% considera la situación actual como insostenible y el 13,1% evalúa que puede sostener el escenario de esta escasez hídrica.

El déficit hídrico que se almacena en las reservas hídricas (embalses) para el riego, perjudica el normal funcionamiento de este proceso fundamental para el metabolismo de los cultivos. Para la temporada de riego 2019-2020 se contaba con 50 cm de nieve acumulada disponible para el uso de riego, una ínfima acumulación, mientras que para esta temporada (2020-2021) que comenzó entre septiembre y octubre se cuenta con un acumulado de 2 m, si bien sigue siendo una pequeña cantidad es mejor que la temporada anterior y los agricultores ya están aprendiendo a trabajar con poca disponibilidad hídrica. (Linares en línea, 2021)

2.9. Efectos de la sequía para los agricultores de la Región del Maule

Sin agua suficiente no se puede realizar con normalidad el rubro agrícola y sin actividad agrícola la Región del Maule no sería lo mismo, se cerrarían empresas dedicadas al rubro provocando la cesantía y dejando a muchas familias sin ingreso económico para subsistir (TV Maule, 2019).

La actual sequía que vive la región afecta la industria alimentaria ya que las materias primas se obtienen a partir del trabajo agrícola de la zona, que también abastece el alimento para la producción ganadera. Además, la disponibilidad hídrica que se encuentra en los embalses dedicados en parte al suministro eléctrico de la población también ha sufrido consecuencias en el abastecimiento (TV Maule, 2019).

Debido a lo grave de la situación el ministerio de agricultura decreto zonas de emergencia agrícola a 9 comunas de la región durante el año 2019 y 4 más se añadieron este 2020 (TVMaule, 2019)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la investigación

El estudio se hizo a partir de la recopilación de datos registrados en la estación agroclimatológica de la Universidad de Talca, localizada en la ciudad de Talca, Región del Maule (Lat: 35°23' 13"; Long: 71°40' 42"). Es la estación más antigua correspondiente del tipo clase A que existe en la región, además cuenta con un banco de datos desde 1869 hasta la actualidad (CITRA, 2020)

La estación se instaló en el mes de agosto del año 1975 y a partir de esa fecha se han realizado 44 años de mediciones sin ninguna interrupción. Los instrumentos disponibles en la estación son de tipo lectura directa (metros) y de tipo sensores mecánicos (grafos) y los utilizados para esta memoria son: termómetros de máxima y mínima que se instalan dentro de la caseta meteorológica, pluviómetro y pluviógrafo para heladas que se instalan dentro de la caseta agroclimatológica. Todos los instrumentos son de una empresa alemana llamada Thies (CITRA, 2020).

La estación dispone de instrumental del tipo auto registros gráficos y métricos (CITRA, 2020). También está equipada con una estación meteorológica automática (EMA) que registra las variables: Temperatura (°C), Humedad relativa del aire (%), Radiación solar (w/m^2), precipitación (mm), velocidad del viento (m/s) y la dirección del viento (° grados) (Centro del Agua para la Agricultura, 2014). Todas estas variables son registradas cada 15 min durante los 365 días del año (CITRA, 2020).

A partir de datos históricos y de su banco de datos, térmicos y pluviométricos, se analizó la ocurrencia de heladas (1950-2020), olas de calor entre los años 1977-2020 y la relación que estas tienen con la escasez pluviometría (1900-2020), en el marco del cambio climático.

3.2. Variables del estudio

3.2.1. Olas de calor

Se considera Olas de calor cuando durante 3 días o más las temperaturas máximas sobrepasan el umbral considerado como extremo, es decir, las temperaturas sobre el percentil 90 (Dirección Meteorológica de Chile, 2020).

Se tiene Olas de calor según las temperaturas diurna, lo que se define como Olas de calor diurnas y Olas de calor nocturnas para temperaturas que se originan por la noche, para ambas se realiza una acumulación de todas las temperaturas dentro del rango horario y aquellas que se ubiquen luego del 90% son las que se consideraran de valor extremo (Dirección Meteorológica de Chile, 2020).

Para el desarrollo de esta investigación solo se tomarán los umbrales diurnos. Se reunieron las temperaturas máximas de cada día de todos los meses del año durante el período 1977-2020, para luego organizarlas de menor a mayor por mes, formando un gráfico como se presenta en la figura 1, donde aquellos valores que se encontraban en el percentil 90 se designaron como umbrales, este proceso se realizó para cada día representando la temperatura máxima que se podía alcanzar.

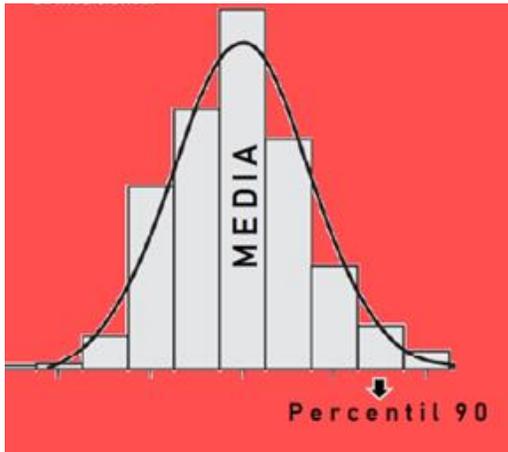


Figura 3.1. Campana de gauss representativa de cómo obtener el percentil 90 (Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2020).

La recopilación de temperaturas se realiza a partir del banco de datos que tiene la estación agroclimatológica de la Universidad de Talca la que mide a través de termómetros, las temperaturas en grados Celsius (°C), horarias durante el día y la noche (CITRA, 2020).

3.2.2. Pluviometría

Se obtiene por medio del registro del agua caída del pluviómetro que está ubicado en un determinado lugar por espacio de tiempo superior a los 30 años. Lo que caracteriza esta medición es la cantidad, intensidad, frecuencia y fase que dure el evento pluviométrico (Renom, 2011).

Para el análisis de esta etapa se obtienen los datos registrados gracias al pluviómetro y pluviógrafo de la estación agroclimatológica ubicada en el Campus Lircay de la Universidad de Talca.

Se realizaron gráficos ombrotérmicos para los 44 años de análisis de la presente memoria, los cuales se elaboran a partir de los registros mensuales de la temperatura promedio, en grados Celsius, más la pluviometría promedio en milímetros, obteniéndose una curva anual representativa de estas medidas para cada mes. (Portillo, s.f.). Estos gráficos necesitan de un banco de datos superior o igual a 30 años para obtener conclusiones significativas. Este diagrama se ordena con los

años en el eje de las abscisas, la temperatura en el eje izquierdo mientras que la pluviometría en el derecho ambas del eje de las ordenadas (Portillo, s.f.). La pluviometría toma el lugar de eje secundario con una escala que dobla las medidas de temperatura, esta cláusula es impuesta por el índice de Gausson en la que se afirma que una temperatura promedio de 10°C ocurrida por un mes logra evaporar en totalidad 20mm de agua de lluvia en un determinado lugar. Esta condición determina la representación gráfica de meses secos y húmedos ocurridos en un año en específico. (Portillo, s.f.).

Los registros pluviométricos utilizados para este estudio son aquellos almacenados en el banco de datos de la estación meteorológica de la Universidad de Talca (1900-2020) y los de temperaturas que a partir de 1977 la estación ha registrado sin interrupción (CITRA, 2020).

3.2.3. Evento Niño y Niña

Las variables que representarán el evento El Niño, oscilación del sur (ENOS) y La Niña serán la temperatura superficial del mar medida en el área 3.4 de la zona ecuatorial del océano pacífico y la oscilación del sur que es la diferencia de presión entre las estaciones de Tahití y Darwin ubicadas en el hemisferio sur, que representan el área este y oeste del anticiclón del pacífico (Balardo, 2019) dentro de los años 1977-2020.

3.2.4. Heladas

Se considera helada cuando la temperatura del aire disminuye y alcanza un valor menos o igual a 0°C, esto es medido con un termómetro que se instala a una altura entre 1,5 y 2,0m sobre el nivel del suelo al interior de una caseta meteorológica (Bravo *et al.*, 2020).

Usualmente este fenómeno ocurre en el transcurso de la noche y también en las madrugadas de otoño-invierno-primavera, luego de algún episodio frontal de características frías (Bravo *et al.*, 2020).

Existen dos tipos de heladas, las heladas de radiación o radiativas que se genera cuando existe una baja cobertura de nubes o su total ausencia, más la poca humedad de aire, dejando escapar la radiación de onda larga que emana la superficie terrestre, y la helada por advección o advectiva se produce por la advección o movimiento horizontal de masas de aire frío que nacen de altas latitudes o subpolares (Bravo *et al.*, 2020).

3.3. Análisis de la información

Durante este estudio se realizarán análisis de tipo descriptivo y cuantitativo para explicar el comportamiento de las variables ya mencionadas.

Para el cálculo de olas de calor se utiliza la herramienta Excel, en la que se ordenan todos los datos de temperaturas máximas correspondientes a temperaturas diurnas, cifras obtenidas a partir del año 1977 hasta la fecha, obteniendo el percentil 90 de cada día para así poder calcular la cantidad de días que excedan este umbral, de exceder este umbral por 3 días o más se contabiliza Ola de calor dentro del mes trabajado.

En el análisis de pluviometría se utilizó el registro generado por el pluviómetro más los datos almacenados en la estación agroclimatológica dentro del periodo comprendido entre 1915-2020. Se calcularon los promedios móviles de las precipitaciones mensuales y anuales, lo cual fue interpretado por medio de las representaciones gráficas.

Las sequías se midieron de dos formas: mediante su intensidad en base a porcentajes del déficit hídrico y en extensión, refiriéndose a este último como su periodo en el tiempo, interpretando de igual forma los datos arrojados por medio de gráficos.

Para integrar toda la información obtenida en las mediciones anteriores se realizó un análisis de componentes principales para cada uno de los siglos, abarcando para el siglo XX desde 1951-1999 y para el siglo XXI desde 2000-2019, integrando las variables: Pluviometría, Días con heladas, Temperatura máxima promedio, Temperatura media, Temperatura mínima promedio, Temperatura superficial del mar y Presión superficial del mar. Para las primeras 6 variables nombradas se utilizaron valores registrados en la ciudad de Talca, mientras que para la Temperatura superficial del mar y la presión superficial del mar se utilizaron los valores registrados en el servicio hidrográfico y oceanográfico de la armada (SHOA).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Umbrales de olas de calor

Utilizando la metodología descrita anteriormente, se estableció los umbrales de temperatura para cada día de cada mes para la ciudad de Talca con lo que posteriormente se realizaron los cálculos de Olas de calor. Los resultados muestran que el mes de enero son los días donde se producen los umbrales más altos, promediando una temperatura de 33°C. Los últimos 10 días de este mes (21 de enero – 31 de enero) los umbrales alcanzan una temperatura sostenida de 33.3 °C, siendo esta el mayor registro de la Tabla. Esta información se contrapone con el mes de Julio donde se presentan los umbrales de temperatura más bajo, generando una media de 15,7°C, marcando como menor temperatura umbral 15.3°C desde el 1 de julio hasta el 6 del mismo mes.

Cuadro 4.1. Umbrales obtenidos para cada día del año para la ciudad de Talca.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	34	34,5	32,06	28,9	23,45	17,68	16,28	17,77	22	23,92	28,45	30,98
2	34,48	34,82	33,26	28,84	21,9	18,08	16,16	17,9	20,8	24,16	27,8	30,98
3	34,86	33,7	33,32	28,44	23,46	17,92	16,22	17	21,85	23,99	29,28	30,59
4	33,98	34,46	32,9	27,94	22,72	18,2	14,98	17,06	22,27	24,28	29,04	31,54
5	33,74	34,5	32,1	28,16	21,18	18,16	14,98	17,77	20,94	25,67	29,1	31,09
6	34,28	32,36	32,98	28,4	21,42	17,46	16,58	16,7	20,92	24,97	29,57	31,27
7	33	32,96	31,64	26,94	22,56	17,74	16,68	18,3	20,96	24,34	28,5	31,7
8	33,36	32,98	31,6	27,66	22,04	16,88	16,4	17,94	21,29	24,5	29	31,99
9	34,44	34,4	31,6	26,9	20,98	16,3	17,36	19,28	22,18	25,58	30,05	32,5
10	33,7	33,08	32,42	27,08	20	17,82	16,82	19,57	22,85	23,78	29,9	32,59
11	34,1	33,94	32,5	27,1	20,38	15,98	16,4	18,7	22,97	24,78	30	32,69
12	35,06	33,6	31,42	27,5	20,72	17,94	16,96	18,07	22,91	25,98	30	32,72
13	34,16	33,94	30,18	25,96	21,18	16,36	16,76	18,96	22,06	25,74	30,38	32,5
14	33,4	33,9	29,78	26,74	20,2	15,94	17	18,54	21,58	25,96	29,19	32,24
15	34,1	33,94	30,78	26,08	18,92	16,74	16,88	19,86	22,99	25,78	30,68	32,39
16	33,5	33,58	31,98	25	20,12	17,88	17,68	19,39	23,96	26,9	31,49	31,87
17	34,36	33,29	30,58	26,9	20,4	16,96	16,76	19,14	21,38	26,8	31,7	32,2
18	35,22	33,29	31,15	26	19,9	16,4	16,98	19,01	21,19	26,4	30,09	32,36
19	34,82	32,84	30,5	25,1	19,66	15,8	16,46	19	21,59	26,08	30,68	32,89
20	34,64	33,24	31,06	24,66	19,58	16,78	16,24	20,78	23,25	26,9	31,2	32,3
21	34	33	31,16	24,66	19,48	17,08	16,48	21,16	23,18	27,77	30,93	33

22	33,6	33	30,58	24,82	18,98	15,68	15,68	21,28	23,37	26,09	31,14	34
23	33,58	33,3	29,9	23	18,16	15,36	15,86	18,49	24,23	27,96	29,39	33,36
24	34,58	32,84	29,8	23,08	19,6	15,74	16	19	23,86	26,46	30,48	34,5
25	34,38	32,44	31,22	24	19,98	16,4	16	19,78	24,09	26,45	30	34,98
26	34,56	32,96	29,64	23,92	17,08	16,08	16,24	20,76	23,49	26,5	30,98	35,09
27	34,12	32,77	31	23,18	18,74	17,4	15,88	21,06	22,97	27,89	31,18	33,69
28	34,22	32,28	29,66	23,5	18,74	17,14	16,38	19,54	23,75	27,77	31	34,78
29	34,02	32,7	28	23,28	18,22	16,82	18,08	20,1	24,14	27,36	31,72	34,09
30	33,96		28,66	22,98	18,48	16,44	17,06	20,07	23,19	27,83	32	34
31	33,96		27,98		17,98		17,46	21,27		27,99		33,7

4.2. Cálculo olas de calor para los meses de verano

Se obtuvo el número de olas de calor mediante la resta entre la temperatura máxima alcanzada y el valor umbral representativo del día en cuestión, así para cada día de cada uno de los meses del periodo de verano (diciembre, enero, febrero y marzo) dentro del transcurso de los últimos 44 años, demostrando el alza que estas han tenido en el siglo 21, siendo más frecuentes y largas que las que se registraron en el siglo XX (Figura 4.2)

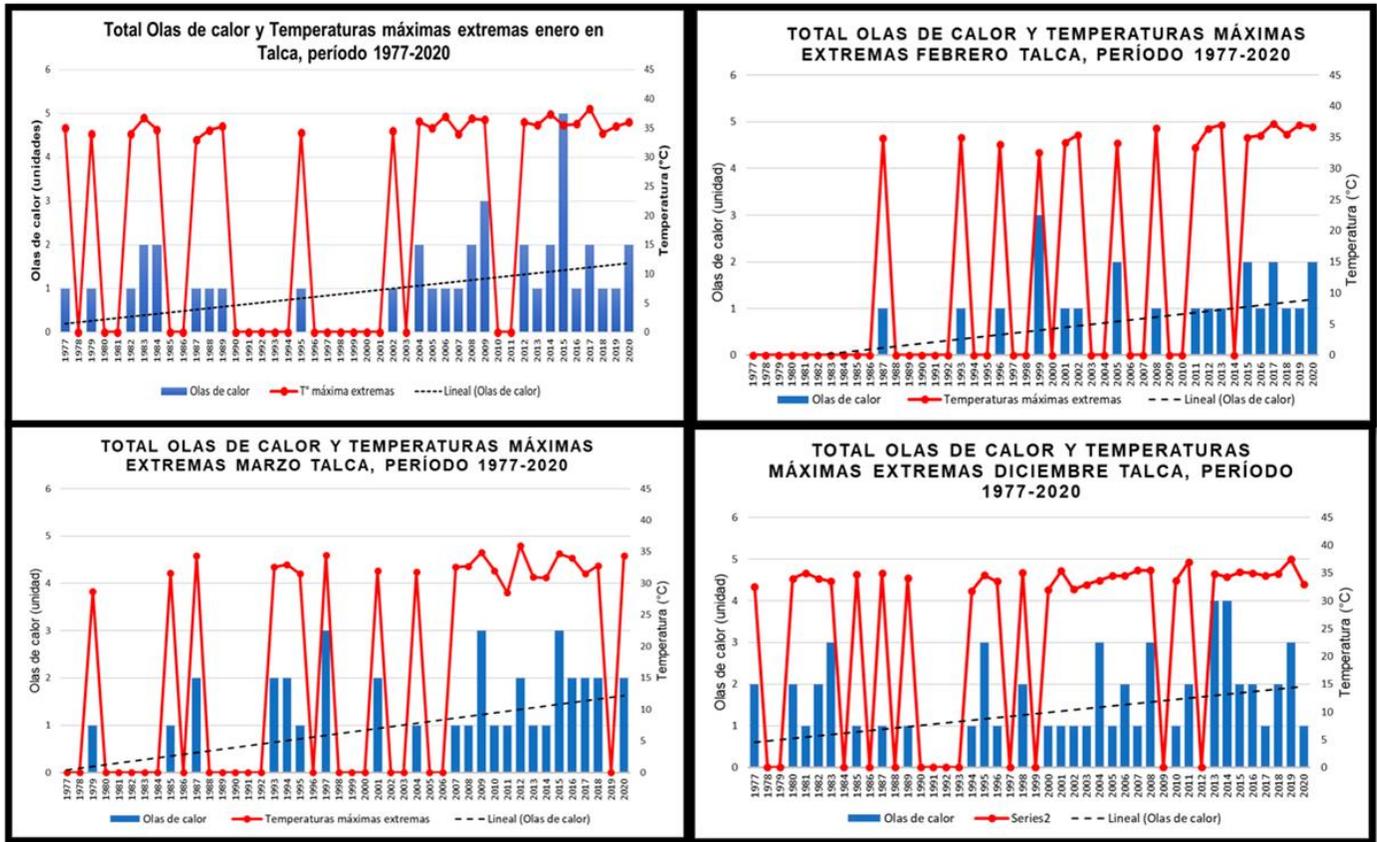


Figura 4.2. Gráficos número de Olas de calor y las temperaturas más altas alcanzadas en los meses de verano (Enero-Febrero-Marzo-Diciembre) durante el período de 1977-2020 en la ciudad de Talca.

El cambio climático ha calentado el planeta, así lo señaló el físico sueco Svante Arrhenius indicando que la acumulación de CO₂ en la atmosfera elevaría la temperatura (Diaz, 2012). Esto ocurre actualmente en la ciudad de Talca, región del Maule, la cual contribuye en un 4,1% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país, lo que ha desembocado en un aumento en las temperaturas, generando mayor número de olas de calor durante en un mes y que están sean más largas de lo que se registraban en el siglo XX (Ulloa, 2019) En la figura 4.2.1 se logra apreciar la cantidad de días que dura la ola de calor más larga de cada mes de la estación de verano, graficándose un aumento notorio en el siglo 21, donde los días de extensión de una ola superan los 6 que era lo máximo que se pudo registrar en meses de verano durante el siglo 20 generando una tendencia evidente al alza.

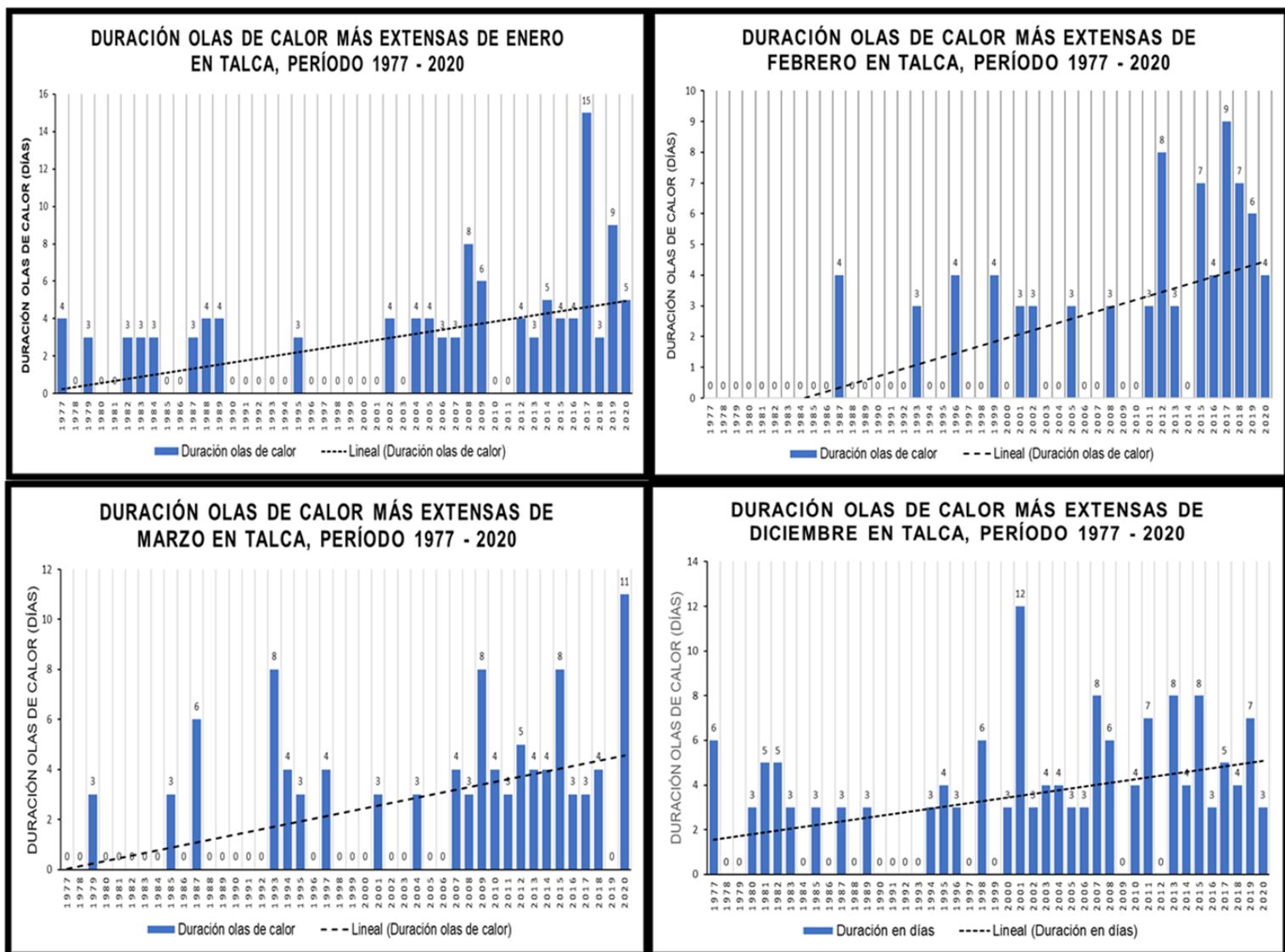


Figura 4.2.1. Cantidad total de duración en días de la ola de calor más extensa de cada mes durante el periodo de verano (Enero-Febrero-Marzo-Diciembre) en los años 1977-2020 en la ciudad de Talca.

4.3. Calculo eventos cálidos durante los meses de verano

Al igual que para las olas de calor, los eventos cálidos se obtuvieron a partir de la resta entre la temperatura máxima obtenida cada día menos la temperatura umbral del mismo día, graficando las tendencias que se muestran en la figura 4.3.

Los meses de enero, febrero y marzo evidencia una tendencia al alza, no así el mes de diciembre, esto se explica debido a que diciembre ha demostrado tener un mayor número de olas de calor, es

decir, más cantidad de días consecutivos en los que la temperatura máxima supera el umbral, disminuyendo por lo tanto la cantidad de eventos cálidos.

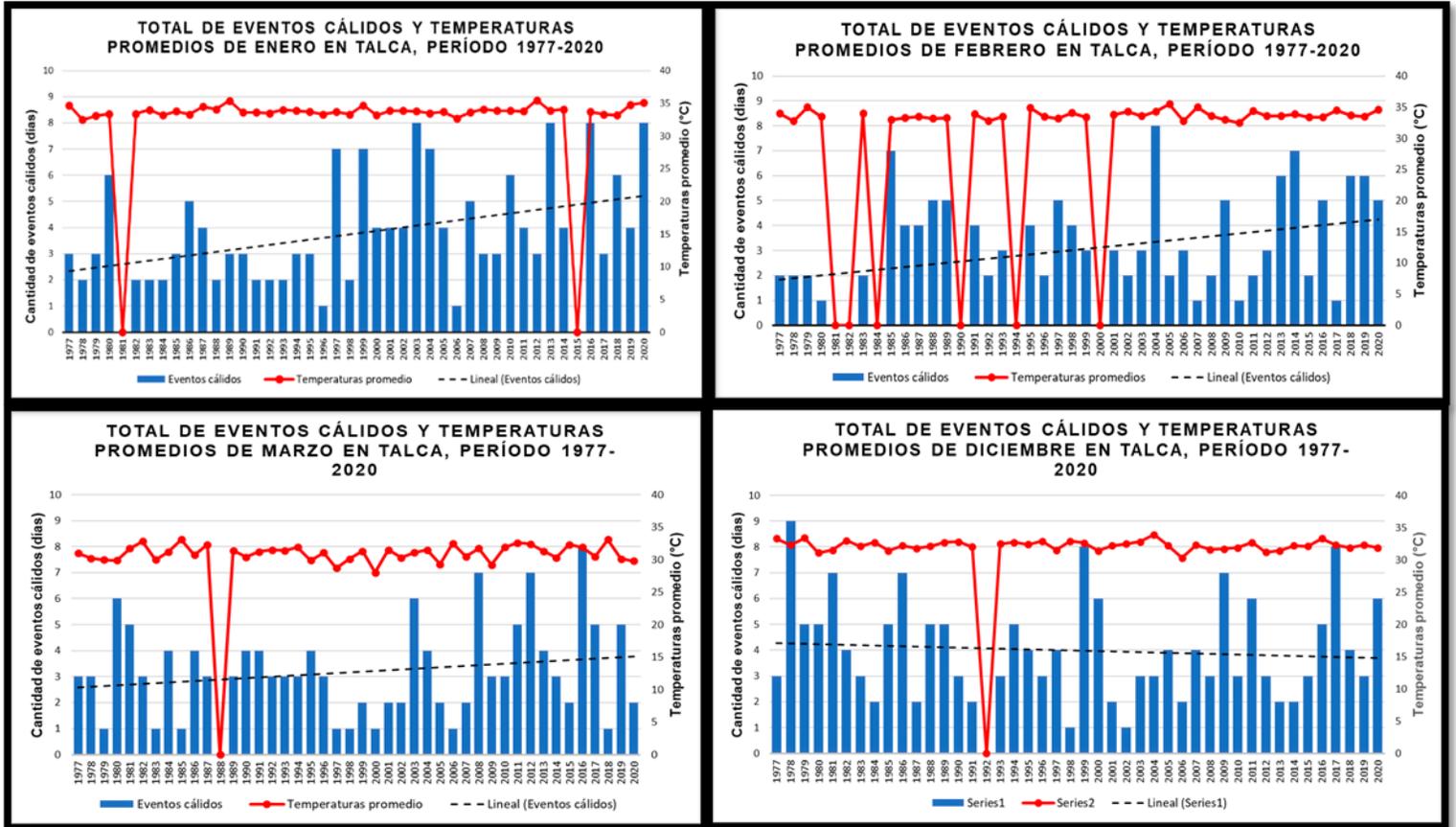


Figura 4.3. Gráficos de los meses de verano (Enero-Febrero-Marzo-Diciembre) representativos de la totalidad de eventos cálidos y las temperaturas promedios durante el período de 1977-2020 en la ciudad de Talca.

4.4. Análisis precipitaciones

Derivado de la información sobre las precipitaciones en la ciudad de Talca, se realizó un gráfico sobre la tendencia de la pluviometría en base a los promedios móviles. En él se observa que el siglo XX superaba sostenida y frecuentemente la media normal de 672.8 mm. Como se evidencia en la figura 4.4. entre 1914 a 1948 son superiores las lluvias a los 700 mm por año, no es este el escenario que se puede apreciar en el siglo XXI, donde solo dos años (2004-2005) se registraron lluvias superiores a la media, es decir que en los últimos 120 años la pluviometría viene disminuyendo y la proyección de esta a 5 años más es que continúe este declive.

Las bajas en las precipitaciones dentro del último siglo pueden ser explicadas debido a la frecuente presencia del fenómeno de La NIÑA en el valle central de nuestro país, su consecuencia es la disminución en las precipitaciones a causa de una baja en la temperatura en la zona ecuatorial del océano pacífico (González, 2020). Durante el siglo 20 también se presentó el fenómeno de la NIÑA y sus consecuencias también mostraron un déficit en las lluvias de la ciudad de Talca como podemos observarlo en los años 1976, 1990, 1996, 1998 y 1999 la diferencia que se puede presenciar durante este último siglo y específicamente desde el año 2007 en adelante son sus efectos agravados por la sequía, debido a que no es posible alcanzar la cantidad de agua necesaria para llenar embalses y napas subterráneas, es que el déficit hídrico se incrementa más y más cada año, imposibilitando el movimiento natural del ciclo del agua. El académico Patricio González explica que la presencia de La NIÑA aumento la temperatura entre medio grado a un grado del océano, pudiendo provocar consecuencias de un 40-70% de déficit hídrico para el año siguiente (Universidad de Talca, 2020) al igual que la proyección de los siguientes años que muestra la figura 4.4.

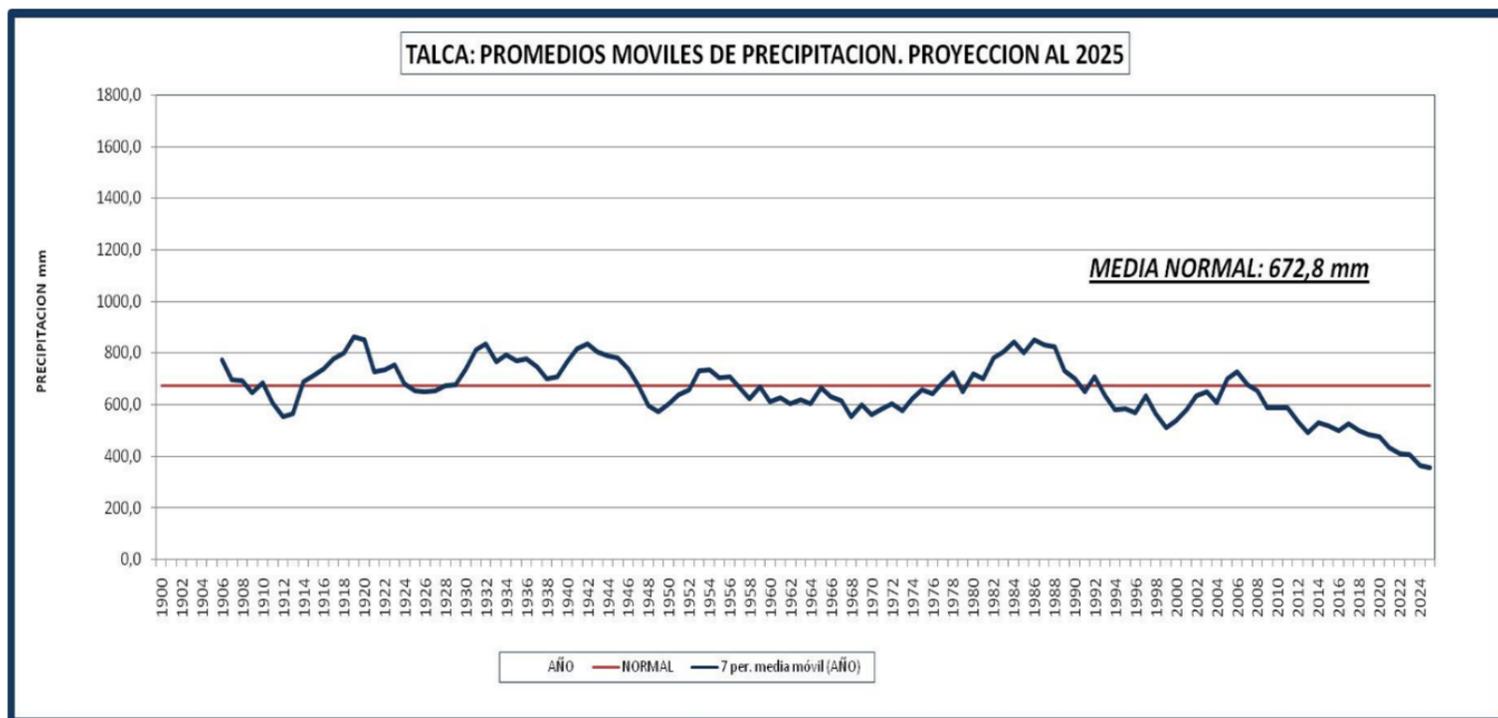


Figura 4.4. Tendencia y proyección de la pluviometría en base a promedio móviles registrados en la ciudad de Talca los últimos 120 años (Fuente: González, 2021).

El análisis pluviométrico se obtuvo mediante la interpretación de gráficos ombrotérmicos, los que se crearon a partir de los valores de temperatura media mensual y las precipitaciones acumuladas

mensuales, formando dos curvas en representación de un año (González de Alaiza, 1983), con esto es posible obtener la cantidad de meses secos y la cantidad de meses húmedos que ocurrieron durante el año. Cada vez que un mes alcanza un valor en precipitaciones bajo la curva de temperatura, se consideraba un mes seco y si este se encuentra por sobre la curva se habla de un mes húmedo (Portillo, s.f.).

A partir de la información extraída de los gráficos ombrotérmicos fue posible observar un aumento en la cantidad de meses secos ocurridos durante el siglo XXI por sobre el siglo XX (Cuadro 4.4.), en el cual el siglo XX agrupando los años desde 1977 a 1999 registró 47.8% de años con meses secos, es decir, un total de 11 años con meses más secos que húmedos, por otro lado, el siglo XXI alcanza hasta la fecha un 61.9% de años con meses secos, siendo los meses secos más que los húmedos. Además, el siglo XXI solo lleva 21 años desde que comenzó, y en él se registran más de la mitad del periodo en años con un número mayor de meses secos que húmedos, la gráfica puede evidenciar esta alza sostenida en las barras de color naranja. (Figura 4.4).

Cuadro 4.4. Porcentaje del número de años con mayor número de meses húmedos y secos agrupados en el siglo XX y en el siglo XXI.

Siglos	Años con mayor N° de meses húmedos	Años con mayor N° de meses secos	Total	%
XX	2	11	23	47.8
XXI	2	13	21	61.9

Cantidad de meses secos vs meses húmedos período 1977-2020 en Talca

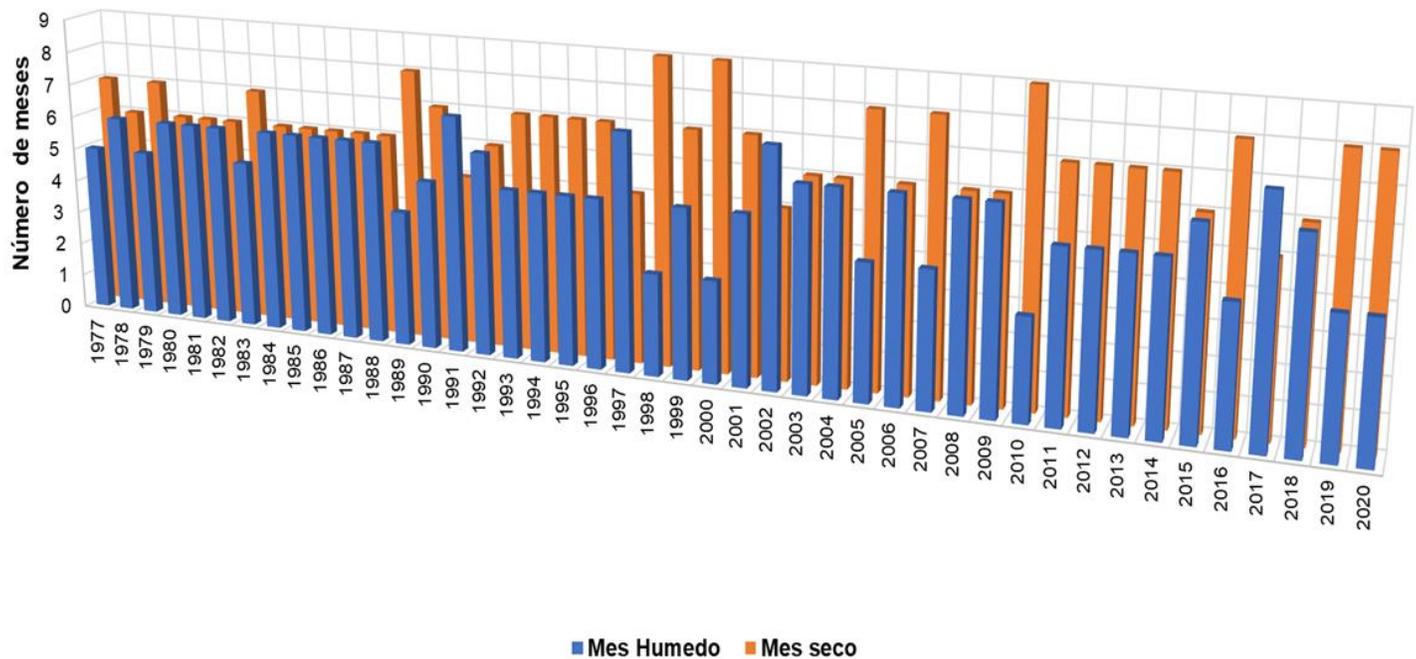


Figura 4.4.1 Cantidad de meses húmedos y meses secos de cada año durante el periodo 1977-2020 en la ciudad de Talca.

En nuestro país el régimen pluviométrico se rige por variables que pueden durar entre 7 -10 años aproximadamente, con ciclos que varían entre registros altos y bajos de precipitaciones (Vicencio, 2018) lo que se está presentando en la actual sequía no es precisamente el actuar de estos ciclos, ya en que ocasiones difieren de ellos, como por ejemplo la presencia del evento del niño en gran magnitud para el año 2015-2016 en la ciudad de Talca, denominado súper Niño o Niño Godzilla (Hernández, 2017). Este evento traería consigo un alza en las precipitaciones, es decir, más cantidad de meses húmedos que secos, pero como se puede apreciar en la figura 4.4 el año 2015 registro la misma cantidad de meses secos y húmedos mientras que el año 2016 marcó 8 meses secos y tan solo 4 meses húmedos.

La ciudad de Talca durante los años 1993 hasta 1996 se encontraba en la fase fría de ENOS, La NIÑA, por lo que los meses secos fueron más que los húmedos dentro de cada año, luego fue interrumpido por el evento El NIÑO durante el año 1997 para luego volver a La NIÑA con más fuerza durante los años 1998 hasta el 1999 (CITRA, s.f). La sequía de 1998-1999 ha sido junto con la actual la más seca dentro de los últimos 44 años, su intensificación en el déficit hídrico provocó que el

embalse Laguna del Maule solo alcanzará un 18.5% de su capacidad hídrica mientras que durante la actual sequía se ha alcanzado 17.9% de su totalidad (González, s.f.)

Esto evidencia que el saber qué tipo de ciclo comenzará a regir en la ciudad no entrega la información necesaria para asegurar la cantidad de lluvias que caerán en la misma, por ende, no se puede determinar de esta manera cuantos meses húmedos y secos se registrarán a lo largo de un año, ya que el avance del cambio climático esta por sobre estos eventos.

4.5. Caracterización sequías

Las sequías se diferencian una a la otra por 5 parámetros que las representan, estos son inicio, fin, duración, magnitud e intensidad, se entiende como inicio la fecha en la que comienza el déficit y el fin cuando esta cambia de déficit a superávit; duración se refiere a la cantidad de años que dure la sequía (déficit), la magnitud es la cantidad deficitaria del recurso hídrico y la intensidad tiene dos medidas, intensidad media que representa el cociente entre la magnitud y la duración y el valor máximo alcanzado por la sequía (García, 2006).

Para caracterizar cada sequía presente entre el período 1977-2019 se representó en un gráfico los porcentajes de déficit y superávit, señalando como sequía aquellos déficits que durarán mínimo dos años (Figura 4.5)

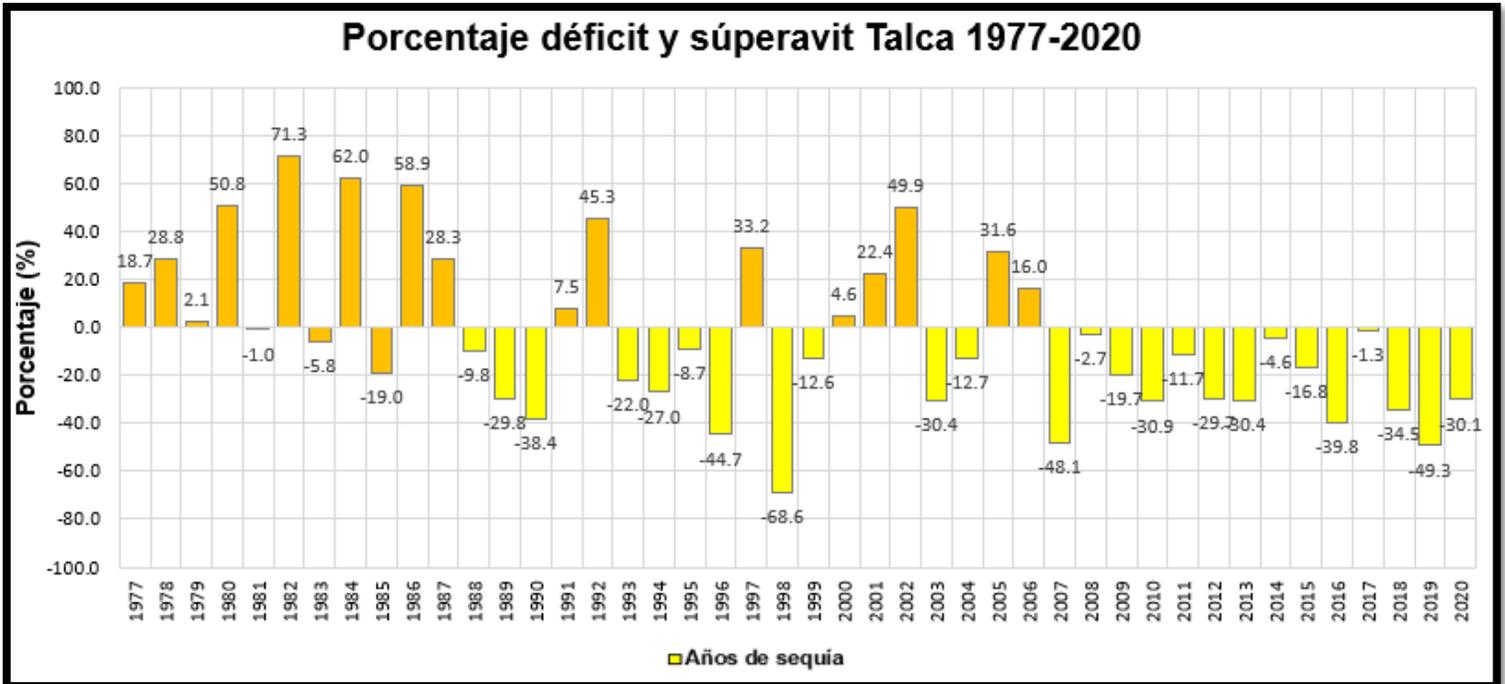


Figura 4.5. Representación de eventos de sequías dentro del periodo 1977-2020 para la ciudad de Talca.

Las 5 sequías representadas en el gráfico fueron caracterizadas por estos 5 parámetros descritos por García (2006). Como se deja ver tanto en la figura 4.5. como en el cuadro 4.5. el siglo 21 ha sufrido fuertes sequías, siendo la actual desde 2007 a la fecha la de mayor duración y magnitud, sumando hasta ahora un déficit de 2270.6 mm menos de agua, es por esto que el centro de clima y resiliencia denominó tan largo evento como megasequía (CR2, 2015). Sin embargo, otra sequía importante se vivió en 1998-1999 alcanzando una intensidad media de -263.85 la más alta de las 5 sequías a comparar dentro de los últimos 44 años. Esto se debió a que en esos años Chile vivía la fase fría del fenómeno ENOS llamado La NIÑA, un fenómeno que se originó por la intensificación del anticiclón del pacífico sur, siendo devastador en gran parte del territorio chileno, abarcando 8 regiones del país encontrándose dentro de ellas la región del Maule (Cortés, 2018)

Cuadro 4.5. Representación de eventos de sequías ocurridos dentro del periodo comprendido entre 1977-2020, para la ciudad de Talca.

Sequías					
Parámetros	1998-1990	1993-1996	1998-1999	2003-2004	2007-2020
Inicio	1988	1993	1998	2003	2007
Fin	1990	1996	1999	2004	2020
Duración	3 años	4 años	2 años	2 años	14 años
Magnitud	-506.2 mm	-665.3 mm	-527.7 mm	-279.6 mm	-2270.6 mm
Intensidad					
-Intensidad media	-168.7	-166.325	-263.85	-139.8	-162.2
-Máximo valor	-38.4	-44.7	-68.6	-30.4	-49.3

4.6. Análisis días con heladas

La presencia de días con heladas por año ha mostrado una tendencia a la baja, tal como lo muestra la figura 4.6. Durante el siglo XX (1915-1999) se registraban en promedio 26 días con heladas y desde el año 2000 hasta el año 2020 se promedia un total 17 días con heladas, es decir, una disminución del 53% de lo normal.

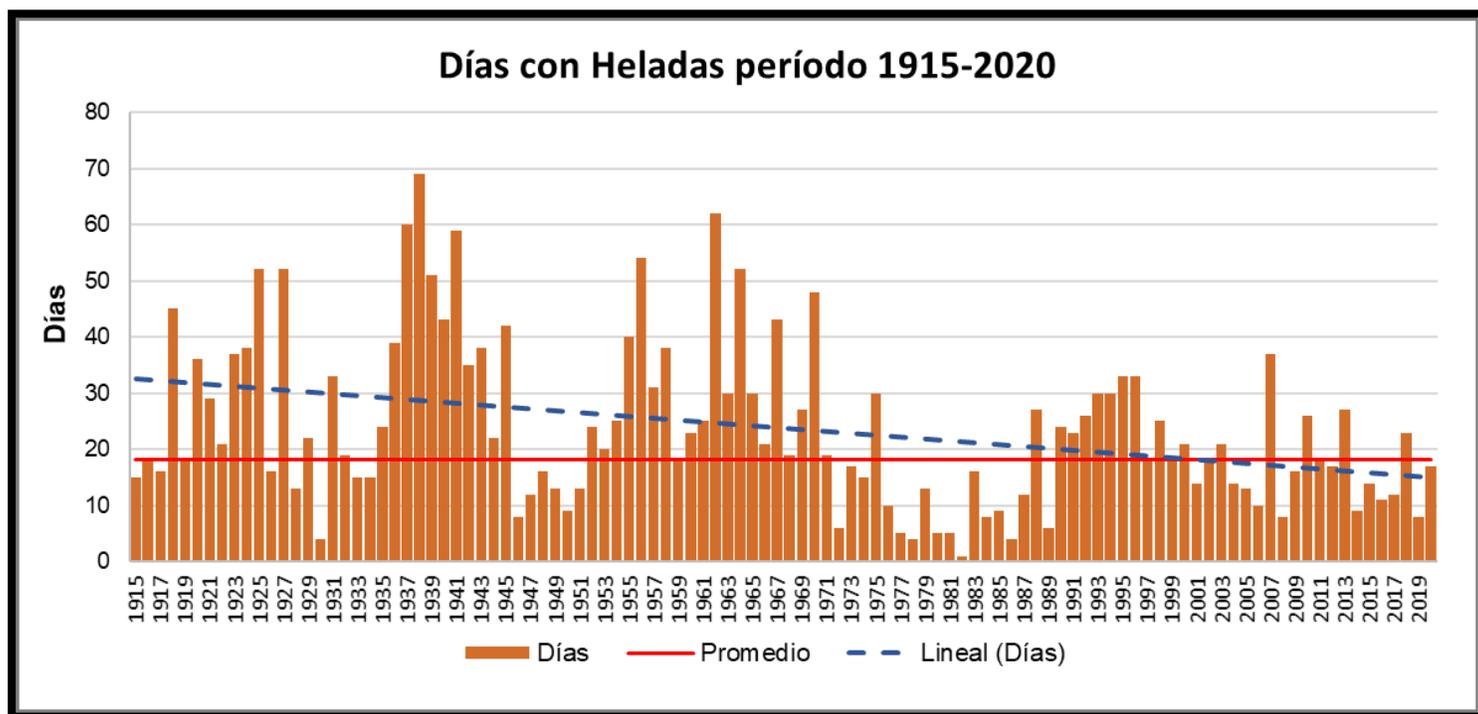


Figura 4.6. Suma de días con heladas por año en la ciudad de Talca en periodo comprendido desde 1915 a 2020.

En el siglo XX era posible alcanzar un número entre 60-70 días con heladas, tal como se observa en el año 1938, mientras que en el siglo XXI el registro más alto hasta ahora, se alcanzó durante el año 2007 con un total de 37 días con heladas. Además, la gráfica también nos señala que aquellos años donde se presentó el evento de la Niña generaba mayor número de heladas que cuando se presentaba el fenómeno del Niño, pero este también presentó modificaciones en sus registros, de tal manera que durante el siglo XX de presentarse las características de un año seco, fenómeno de la Niña, los registros eran de hasta 70 días de helada por año, mientras que si se este era lluvioso el número de heladas no superaba los 20 días, llegando a marcar en su año más bajo 1 día de helada (1982). El patrón se repite para el siglo XXI, pero con una tendencia a la baja, mostrando que en este siglo el año con mayor número de días con helada alcanzado es inferior al siglo XX, siendo la diferencia entre ambos de un 86% para cuando las características hacían notar un año seco y si se este era lluvioso el máximo no superaba los 10 días disminuyendo en un 50% respecto al siglo anterior.

4.7. Análisis multivariado de la información

Con la finalidad de entender las marcadas diferencias que existen en ambos siglos respecto a la ocurrencia y alargamiento en las olas de calor, la baja en precipitaciones y la caracterización con parámetros tan exagerados que podemos cuantificar en la última y actual sequía, se realizó un análisis de componentes principales, donde se toma un conjunto de datos de variables climáticas para encontrar correlación entre ellos (Cuadro 4.7 y Cuadro 4.7.1) Los datos fueron agrupados diferenciando cada siglo (siglo XX en la figura 4.6 y siglo XXI en la figura 4.6.1).

Cuadro 4.7. Matriz de correlación de Pearson para datos climáticos de Talca desde 1951 hasta 1999.

Variables	Pluviometría (mm)	Días con Heladas	T° máxima promedio (°C)	T° mínima promedio (°C)	T° promedio (°C)	T° superficial mar (°C)	Presión superficial mar
Pluviometría	1	-0.528	-0.346	0.549	0.170	0.451	-0.467
Días con Heladas	-0.528	1	-0.047	-0.703	-0.541	-0.206	0.312
T° máxima promedio	-0.346	-0.047	1	0.041	0.689	-0.033	-0.037
T° mínima promedio	0.549	-0.703	0.041	1	0.753	0.343	-0.501
T° promedio	0.170	-0.541	0.689	0.753	1	0.227	-0.388
T° superficial mar	0.451	-0.206	-0.033	0.343	0.227	1	-0.876
Presión superficial mar	-0.467	0.312	-0.037	-0.501	-0.388	-0.876	1

Cuadro 4.7.1. Matriz de correlación de Pearson para datos climáticos de Talca desde 2000 hasta 2019

Variables	Pluviometría (mm)	Días con Heladas	T° máxima promedio (°C)	T° mínima promedio (°C)	T° promedio (°C)	T° superficial mar (°C)	Presión superficial mar (estandarizado)
Pluviometría	1	-0.347	-0.464	0.156	-0.221	0.027	-0.022
Días con Heladas	-0.347	1	-0.459	-0.770	-0.681	-0.338	0.282
T° máxima promedio	-0.464	-0.459	1	0.520	0.904	0.223	-0.119
T° mínima promedio	0.156	-0.770	0.520	1	0.835	0.439	-0.493
T° promedio	-0.221	-0.681	0.904	0.835	1	0.364	-0.323
T° superficial mar	0.027	-0.338	0.223	0.439	0.364	1	-0.906
Presión superficial mar	-0.022	0.282	-0.119	-0.493	-0.323	-0.906	1

En la figura 4.7 para los datos climáticos del siglo XX los ejes 1 y 2 representan en conjunto el 72.87% de los datos, con un 48.23% y 24.64% de explicación para cada eje respectivamente. El eje 1 está principalmente relacionado con la temperatura mínima, presión superficial del mar, temperatura superficial del mar, número de heladas y en parte por la pluviometría. Este resultado es normal para este grupo de años, ya que un aumento de las temperaturas mínimas reduce la cantidad de heladas, Por otro lado, el eje 2, estaría mayormente explicado por las temperaturas máximas y en menor medida por las temperaturas medias y precipitaciones. En cuanto a grupo de año, aquellos años en los que las precipitaciones fueron mayores, también se observa un aumento en la temperatura superficial del mar. Esta condición genera el actuar del evento del niño que propicia años más lluviosos (Ortilieb, 1994), explicando por lo tanto que esos años los meses húmedos fuesen más que los secos. Dentro de este siglo se agrupan años con evento Niño como lo son 1980, 1982, 1984, 1986, 1992 y 1997 los que podemos encontrar cerca o junto a los ejes de pluviometría y la temperatura superficial del mar, sobre todo 1997 que es un año conocido por su fuerte presencia del fenómeno del Niño. A su vez también se presentaron eventos Niña, en los años 1976, 1990, 1996, 1998 y 1999 los que también tienen una ubicación lógica en la gráfica, estando cercano o junto al eje de presión superficial del mar y temperaturas máximas.

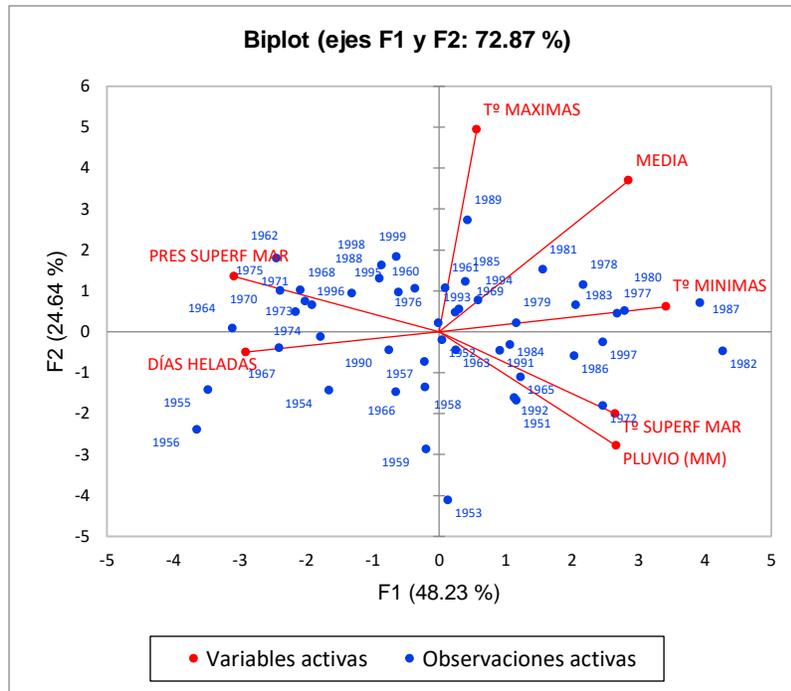


Figura 4.7. Análisis de componentes principales (ACP) para datos climáticos de Talca desde 1951 hasta 1999.

Por otro lado, el análisis de componentes principales representativo del siglo XXI (figura 4.6.1.) modifica completamente su estructura en comparación con el siglo pasado. Ambos ejes en conjunto representan el 74.82% de los datos, siendo el 51.54% y 23.38% de la variabilidad para los ejes 1 y 2 respectivamente. El eje 1 se relaciona mayormente con las variables con heladas, temperatura mínima y en menor medida con temperatura superficial del mar, perdiendo toda relación con la pluviometría (Cuadro 4.7.1.) Esto se puede observar claramente el año 2015 el cual a pesar de ser catalogado como Evento de "súper niño" (Hernández, 2017), no tuvo relación alguna con un aumento en las precipitaciones. Esto nos demuestra que el actuar del cambio climático ha generado variaciones en los ritmos habituales del clima, donde independiente del evento ENOS que esté presente, estos pasaran a segundo plano al momento de interpretar si el año será seco o lluvioso como se estaba comúnmente acostumbrado.

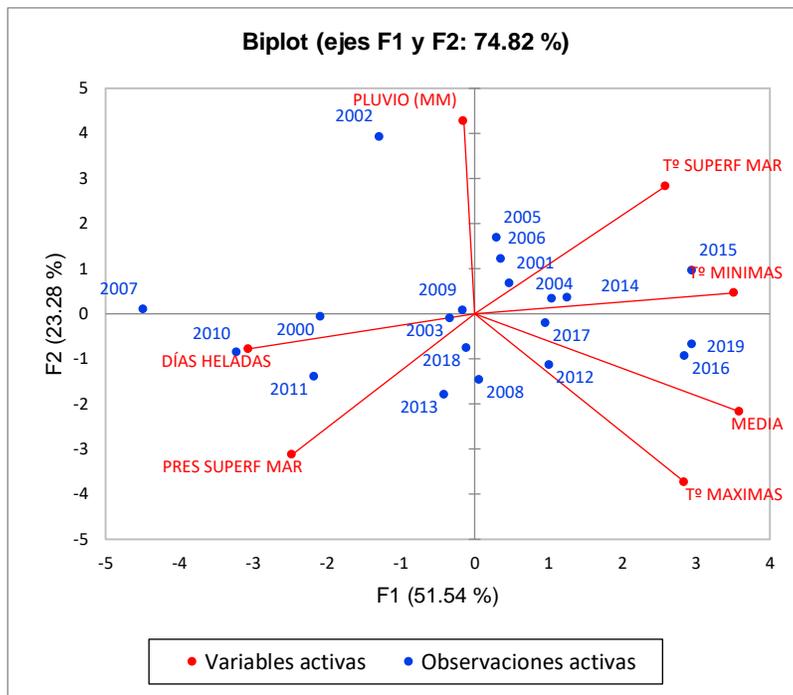


Figura 4.7.1. Análisis de componentes principales (ACP) para datos climáticos de Talca desde 2000 hasta 2019.

5. CONCLUSIONES

Con todos los datos obtenidos en el estudio se corrobora que el número promedio de olas de calor ocurridos en la ciudad de Talca durante el siglo XXI han ido en aumento en un 58% respecto al siglo XX, siendo cada vez más frecuentes. Los meses donde se presenta mayor número de olas de calor son los meses de diciembre y enero donde se concentra el 61.3% del total de olas de calor para los meses de verano (enero, febrero, marzo y diciembre). Por lo tanto, las olas de calor han ido aumentando en la cantidad de días de ocurrencia durante el siglo XXI.

Los gráficos ombrotérmicos determinan que el número de meses secos durante el siglo XXI ha ido aumentando en un 23% en relación al siglo XX. El análisis de promedio móviles de las lluvias anuales determinó que partir del siglo XX la pluviometría ha venido en disminución en comparación a una normal de 672.8 mm y se espera una proyección que alcanzaría los 380 mm. Las precipitaciones en la década de los 30 a los 50 más la década de los 80 estaba por sobre los 800 mm, mientras que desde los años 2000 en adelante solo dos años (2004-2005) superaron la normal (672.8 mm).

Por su parte, las sequías han aumentado en duración, magnitud e intensidad el último siglo por sobre el anterior (siglo XX y siglo XXI). En el siglo XX se registró un 39.1% de años con sequía mientras que en el siglo XXI hasta la fecha se registran 76.2% de años con sequía. La actual sequía (2007-2020) supera en magnitud en un 71% a la sequía de 1993-1996 registrada con mayor magnitud del siglo XX.

Los días con heladas por año tiene una tendencia a la baja, disminuyendo de un promedio de 26 días con helada por año en el siglo XXI a 17 días con helada promedio para el siglo XXI, es decir, una tendencia a la baja de 53% entre el paso de un siglo a otro.

Para el siglo XX un aumento en las temperaturas y presión superficial del mar, tiene una alta correlación con el aumento en las precipitaciones, sin embargo, este panorama cambia para el siglo XXI, donde la relación entre estas variables se reduce a un 2%. Esto queda aún más clarificado con la relación entre años de súper niño como 2015 con la ocurrencia de precipitaciones, la cual es nula. Si bien se observa que el cambio climático perjudica las relaciones ya conocidas entre las variables climáticas, no se tiene clara su influencia sobre variables tan importantes para la agricultura como las precipitaciones, por ende, es necesario realizar una investigación más detallada que logre modelar su efecto sobre las variables climática año tras año.

6. CITAS BIBLIOGRAFICAS

Aceituno, P. 1992. Anomalías de precipitación en Chile central relacionadas con la Oscilación del Sur. Extended Abstract: Paleo-ENSO Records International simposium, Lima, Perú. 333p.

Aguilar, A. 2016. Maule se consolida como la segunda región más importante para la fruticultura nacional, Oficina De Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Gobierno de Chile. Recuperado: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/noticias/noticias-institucionales/maule-se-consolida-como-la-segunda-region-mas-importante-para-la-fruticultura-nacional>. Consultado el 01 de junio de 2020.

Balardo, L. 2019. Qué son los fenómenos del Niño y la Niña y como afectan al agro. INFOCAMPO, Argentina. Recuperado en <https://www.infocampo.com.ar/que-son-los-fenomenos-de-el-nino-y-la-nina-y-como-afectan-al-agro/>. Consultado 11 de enero de 2021.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN), 2020. Región del Maule, Talca, Chile. Recuperado en <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7>. Consultado el 30 mayo de 2020.

Bravo, R.; Muñoz, M.; Quintana, J. 2020. Heladas. Factores atmosféricos, tendencias y efectos en frutales y vides. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín N° 417. Gobierno de Chile, Chile. 102 pp.

Centro del Agua para la Agricultura. 2014. Estación meteorológica automática EMA. Universidad de Concepción, Chile. Recuperado en: <http://files.dlhingenieria.webnode.cl/200000087-12c7113c15/ESTACI%C3%93N%20METEOROLOGICA%20AUTOMATICA.pdf>. Consultado el 13 de enero de 2021.

Centro de ciencia del clima y la resiliencia, 2015. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro, versión 5 noviembre 2015, Chile, 26p. Recuperado <http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf>. Consultado el 01 de junio de 2020.

Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), s.f. Información sobre la estación agroclimatológica de la Universidad de Talca, Talca, Chile. Recuperado de http://www.citrautalca.cl/new/?page_id=233#:~:text=La%20Estaci%C3%B3n%20Agroclimatol%C3%B3gica%20de%20la,creada%20en%20Agosto%20de%201975.&text=Al%20interior%20de%20la%20p%C3%A1gina,registros%20hist%C3%B3ricos%20para%20la%20ciudad. Consultado el 19 de agosto de 2020.

Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), s.f. Datos Agroclimatológicos. Talca, Chile. Recuperado en http://www.citrautalca.cl/html/agroclimatologia/resumen_datos_meteorologicos_talca.html. Consultado el 3 de enero de 2021.

Copefrut, 2019. Estrategia para afrontar condiciones de sequía en frutales. Revista frutícola vol. 41 (3):1-10p.

Cortés, C. 2018. Megasequía la historia continua. Meteochile blog. Dirección meteorológica de Chile, Chile. Recuperado en <http://blog.meteochile.gob.cl/2018/12/28/megasequia-la-historia-continua/>. Consultado el 4 de enero de 2021.

- Díaz, G. 2012. El cambio climático. vol. 37 (2):227-240p. Recuperado en <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1392/CISO20123702-227-240.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 3 de enero de 2021.
- Dirección general del agua (DGA), 2020. Decreto zonas escasez histórico. Ministerio de obras públicas, Gobierno de Chile, Chile. Recuperado en <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>. Consultado el 3 de junio de 2020.
- Dirección general del agua, 2020. Información Pluviométrica, Fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas. Boletín N° 507. Ministerio de Obras públicas, Gobierno de Chile, Chile. 59p. Recuperado en <https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Bolotin%2007%20Julio%202020.pdf>. Consultado el 3 de agosto de 2020
- Dirección meteorológica de Chile (DGAC), 2019. Boletín Eventos extremos en Chile 2019, Gobierno de Chile. [en línea] Recuperado en <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/boletinEventosExtremos/2019>. Consultado 03 agosto 2020.
- Dirección meteorológica de Chile, 2020. Olas de calor en Chile: Una nueva metodología para el estudio y monitoreo de los eventos de las altas temperaturas. Informe técnico, Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Chile, 12p. Recuperado en <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/publicacionesPdf/olasCalor01>. Consultado el 30 de mayo de 2020.
- Fedefruta, 2019. Encuesta Fedefruta: 87% de fruticultores de la Región del Maule considera que situación de sequía es “delicada” e “insostenible”. Chile. Recuperado de <https://fedefruta.cl/encuesta-fedefruta-87-de-fruticultores-de-la-region-del-maule-considera-que-situacion-de-sequia-es-delicada-e-insostenible/>. Consultado 30 de julio de 2020.
- García, A. 2010. Sequías teoría y prácticas. Valencia, España. 323p.
- Garreaud, R., 2014. La megasequía 2011-2013: Aspectos climáticos regionales. Centro de ciencia del clima y la resiliencia, Chile. 9p. Recuperado de http://dof.uchile.cl/rene/DIV/sequia_clima_regional.pdf. Consultado el 3 de agosto de 2020.
- Garreaud, R.; Álvarez-Garretón, C.; Barichivich, J.; Boisier, J.; Christle, D.; Galleguillos, M.; LesQuesne, C.; McPhee, J.; Zambrano, M., 2017. The 2010-2015 megadrought in central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation. 21p.
- Garreaud, R.; Boisier, J.; Rondanelli, R.; Montecinos, A.; Sepúlveda, H.; Veloso-Águila, D., 2019. The central Chile Mega Drought (2010-2018): A climate dynamics perspective. 19p.
- González de Alaiza, J. 1983. Los diagramas bioclimáticos. Departamento de ciencias, Maina, Guatemala. N°7. 4-9p.
- González, P. s.f. En la revista “Temas” del día domingo 24 de marzo el diario El Centro publicó el artículo “La Compleja Situación Hídrica en el Maule” del profesor Patricio González Colville M. Sc. (Programa de Investigación sobre Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático), del

CITRA. CITRA, Universidad de Talca, Talca, Chile. Recuperado en <http://www.citrautalca.cl/new/?p=1327>. Consultado el 04 de enero de 2021.

González, P. 2021. Comunicación personal. CITRA, Universidad de Talca, Talca, Chile.

Hernández, J. 2017. El niño 2015-16: Evolución, vulnerabilidad e impacto en Latinoamérica, Centro internacional para el fenómeno del niño (CIIFEN). 38p. Recuperado en https://www.researchgate.net/publication/321724092_El_Nino_2015-16_evolucion_vulnerabilidad_e_impactos_en_Latinoamerica. Consultado el 8 de enero de 2021.

Inzunza, J., 2006. Meteorología descriptiva: Climas de Chile. In Nimbus: weather services, Santiago, Chile. Recuperado en http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap15_Inzunza_Climas%20de%20Chile.pdf. Consultado 3 de junio 2020.

IPCC, 2013. Cambio climático 2013: Bases físicas, Resumen para Responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. 222p. Recuperado en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf. Consultado el 20 de agosto de 2020.

Linares en línea. 2021. Seremi de agricultura del Maule destacó alta inversión para riego en reactivación económica. Linares en línea. Recuperado en <https://www.linaresenlinea.cl/2020/09/09/seremi-de-agricultura-del-maule-destaco-alta-inversion-para-riego-en-reactivacion-economica/>. Consultado 11 de enero de 2021.

Mateo Navarra, s.f. Elementos y factores del clima. Tipos de Clima, Gobierno de Navarra. Recuperado en <http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm>. Consultado 20 de agosto de 2020.

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f. Tipos de sequías. Gobierno de España. Recuperado en https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/Observatorio_Nacional_Sequia_1_1_tipos_sequia.aspx. Consultado el 20 de agosto de 2020.

Ortlieb, L. 1994. Las mayores precipitaciones históricas en Chile central de eventos ENOS en los siglos XVI-XIX. Revista Chilena de historia de natural (67):463-485.

Pontificia Universidad Católica, s.f. Sistema climático, Santiago, Chile. Recuperado de <https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/recursos/glosario/sistema-climatico>. Consultado el 21 de agosto de 2020.

Portillo, G. s.f. Qué es y cómo se interpreta un climograma. Meteorología en red. Recuperado en <https://www.meteorologiaenred.com/climogramas.html>. Consultado el 30 de diciembre de 2020.

Renom, M., 2011. Principios básicos de las mediciones atmosféricas. Departamento de Ciencias de la Atmosfera, Instituto de Física, Universidad de la República Oriental del Uruguay, Uruguay.

Recuperado en http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/PBMA/PBMA_teotico/Bolilla6-PLUVIOMETRIA.pdf. Consultado el 19 de agosto de 2020.

Report to the Nation: The 2010-2015 mega-drought: A lesson for the future. (2015, November). Center for Climate and Resilience Research, Retrieved 30 of december from http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/Megadrought_report.pdf

Rioseco, R.; Tesser, C., s.f. Cartografía interactiva de los climas de Chile, Instituto de geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. Recuperado en http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva/Inicio/Paginas/UntitledFrameset-1.htm. Consultado 30 de julio de 2020.

TV Maule, s.f. El Maule se está secando: en grave peligro la agricultura de la región. Región del Maule, Chile. Recuperado en <https://www.tvmaule.cl/el-maule-se-esta-secando-en-grave-peligro-la-agricultura-de-la-region/#:~:text=Una%20sequ%C3%ADa%20como%20la%20que,baja%20la%20producci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20y>. Consultado el 20 de agosto de 2020.

Santibáñez, F., 2018. El cambio climático y los recursos hídricos de Chile, ODEPA, Gobierno de Chile [en línea] Recuperado de: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/cambioClim12parte.pdf>. Consultado 29 de Julio de 2020.

Sarricolea, P.; Martín-Vide, J., 2012. Distribución espacial de las precipitaciones diarias en Chile mediante índice de concentración a resolución de 1mm, entre 1965-2005. 10p. Recuperado de https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/8327/1/0061_VIII-2012-P_SARRICOLEA.pdf. Consultado el 1 de agosto de 2020.

Sarricolea, P.; Herrera-Ossandón, M.; Meseguer-Ruiz, O. 2016. Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, vol. 13 (2):66-73p. Recuperado en https://www.researchgate.net/publication/310801438_Climatic_regionalisation_of_continental_Chile. Consultado el 29 de Julio de 2020.

Ulloa, P. 2019. La urgencia de actuar frente al cambio climático, Ministerio de medioambiente, Región del Maule, Chile. Recuperado en <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/La-Urgencia-Talca.pdf>. Consultado el 30 de diciembre de 2020.

Valiente, O., 2001. Sequías: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación, *Investigaciones geográficas* N° 26; Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Barcelona, España. 22p. Recuperado en <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/363/1/Marcos%20Valiente-Sequia.pdf>. Consultado el 14 de junio de 2020.

Vicencio, J. 2018. Porqué nos importa tanto el anticiclón del pacífico sur. *Meteochile blog*. Dirección meteorológica de Chile, Chile. Recuperado en <http://blog.meteochile.gob.cl/2018/10/18/por-que-nos-importa-tanto-el-anticiclon-del-pacifico-sur/>. Consultado el 03 de enero de 2021.

Vicencio, J., 2020. 2019: El año de los tornados, la sequía y el calor extremo. *Meteochile blog*, Dirección meteorológica de Chile, Chile. Recuperado en <http://blog.meteochile.gob.cl/2020/01/03/2019-el-ano-de-los-tornados-la-sequia-y-el-calor-extremo/>. Consultado el 3 de agosto de 2020.

7. ANEXO

Cuadro 7. Resumen de los meses húmedos y secos obtenidos de gráficos ombrotérmicos para cada año desde 1977 a la fecha.

Año	Mes Húmedo	Mes seco
1976	7	5
1977	5	7
1978	6	6
1979	5	7
1980	6	6
1981	6	6
1982	6	6
1983	5	7
1984	6	6
1985	6	6
1986	6	6
1987	6	6
1988	6	6
1989	4	8
1990	5	7
1991	7	5
1992	6	6
1993	5	7
1994	5	7
1995	5	7
1996	5	7
1997	7	5
1998	3	9
1999	5	7
2000	3	9
2001	5	7
2002	7	5
2003	6	6
2004	6	6
2005	4	8
2006	6	6
2007	4	8
2008	6	6
2009	6	6
2010	3	9
2011	5	7
2012	5	7
2013	5	7
2014	5	7
2015	6	6
2016	4	8
2017	7	5

2018	6	6
2019	4	8
2020	4	8
Promedio	5.3	6.7

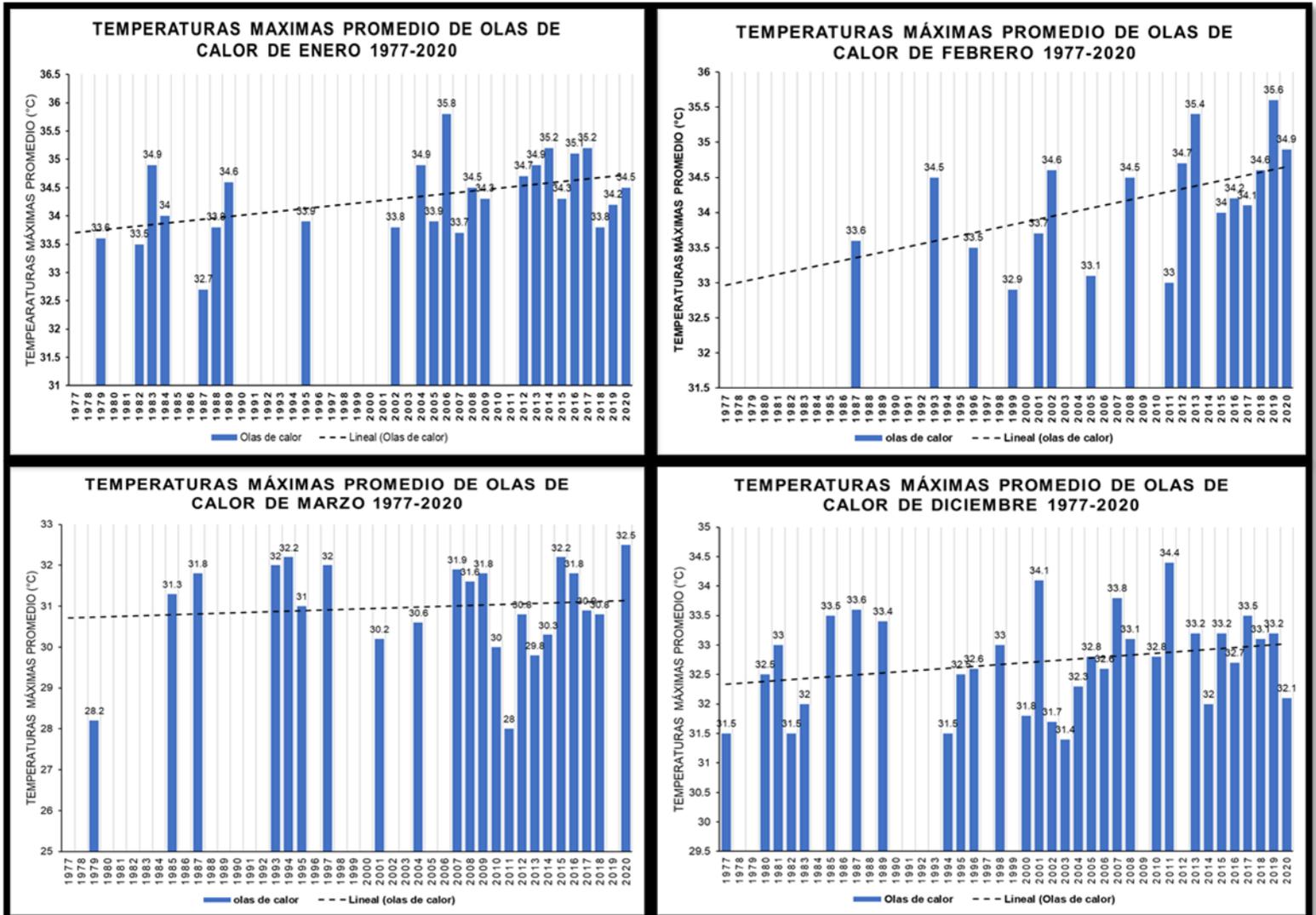


Figura 7. Tendencia temperaturas máximas promedio de olas de calor para meses de verano en la ciudad de Talca durante el periodo de 1977-2020.

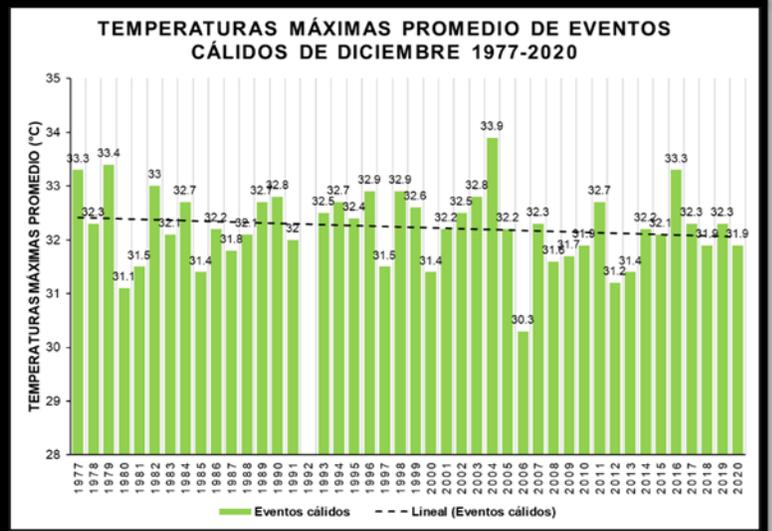
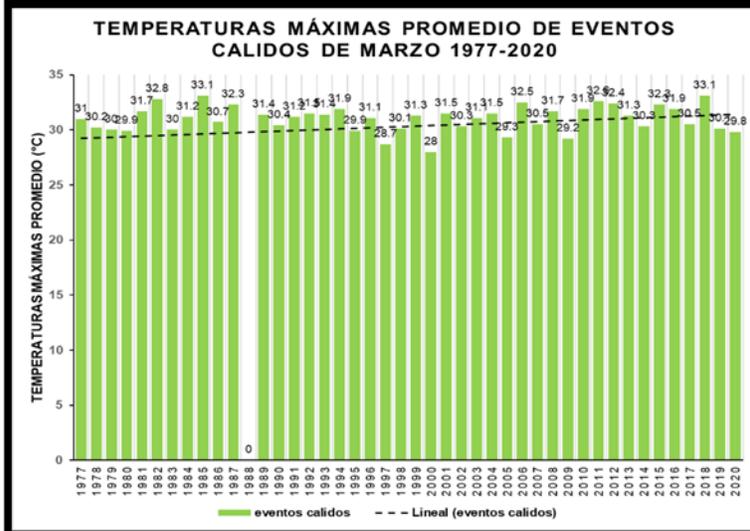
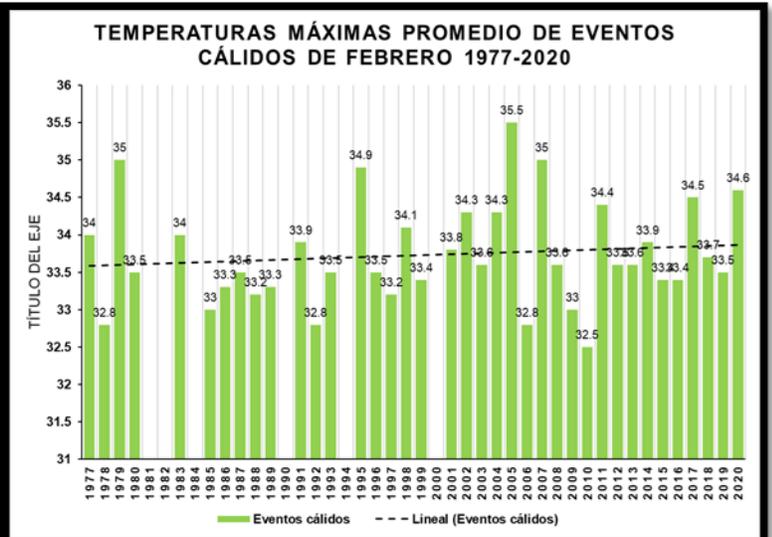
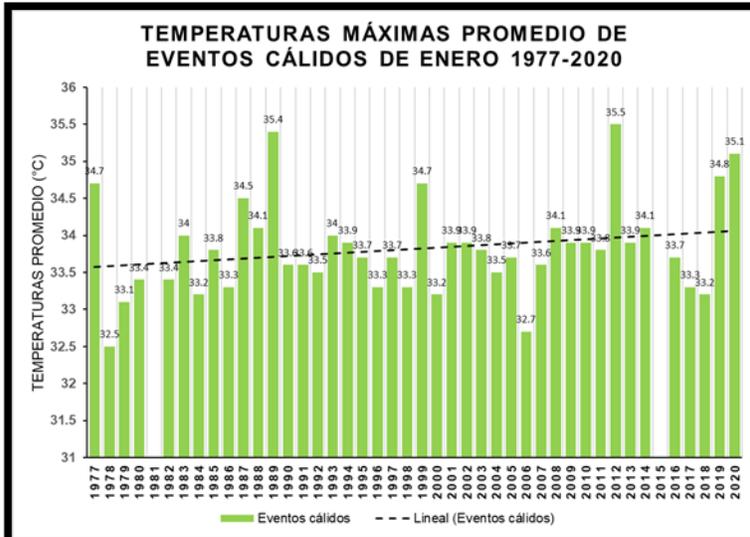


Figura 7.1. Tendencia temperaturas máximas promedio de eventos cálidos para meses de verano en la ciudad de Talca durante el periodo de 1977-2020.