



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA CLIMÁTICA EN LA VITIVINICULTURA A TRAVÉS DE ÍNDICE BIOCLIMÁTICOS PARA LAS REGIONES DE BIOBÍO Y ÑUBLE

Habilitación Profesional presentada para optar al título de

Ingeniera Ambiental

IVONNE ELIZABETH CONSTANZO SEPÚLVEDA

Profesora Guía: Dra. Patricia del Carmen González Sánchez

Profesor Co-Guía: M.Sc. Pedro Jesús Arriagada Sanhueza

Concepción, Chile,

2019

“Evaluación de la influencia climática en la vitivinicultura a través de índices bioclimáticos para las regiones de Biobío y Ñuble”.

PROFESOR GUÍA:

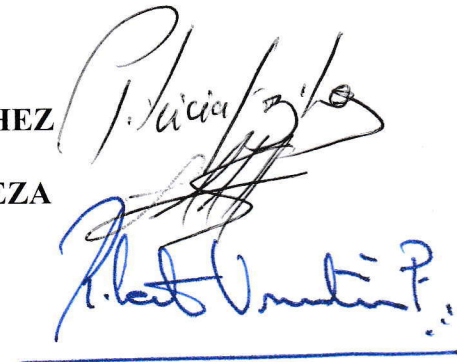
Dra. PATRICIA GONZÁLEZ SÁNCHEZ

PROFESOR CO-GUÍA:

M. Sc. PEDRO ARRIGADA SANHUEZA

PROFESOR COMISIÓN:

Dr. ROBERTO URRUTIA PÉREZ

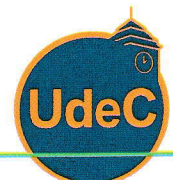


CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, abril 2019



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPIRITU

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE TABLAS	iv
ÍNDICE FIGURAS	v
ÍNDICE ANEXOS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Pregunta de Investigación.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
2 ANTECEDENTES	4
2.1 Las vides a nivel mundial y Chile.....	4
2.1.1 Contexto Internacional.....	4
2.1.2 Contexto Nacional.....	5
2.2 Condiciones para el cultivo de vides.....	9
2.2.1 Características climáticas en la producción de vides para vino.....	11
2.2.2 Características del suelo necesarias en la producción de vides para vino.	14
2.2.3 Factores Geográficos.....	15
2.3 Cambio climático en las vides.....	16
2.3.1 Efectos del cambio climático en las vides a nivel mundial.....	16
2.3.2 Efectos del cambio climático en las vides a nivel nacional.....	17
2.4 Índices Climáticos.....	19

3	METODOLOGÍA	22
3.1	Área de estudio.	22
3.2	Identificación ubicación plantaciones de viñas en las regiones del Biobío y Ñuble.	23
3.3	Estimar índices bioclimáticos en las regiones del Biobío y Ñuble.	24
3.3.1	Selección índices climáticos.	24
3.3.2	Obtención de parámetros o variables a utilizar en índices climáticos..	26
3.4	Análisis de sensibilidad paramétrica.....	28
3.5	Analizar la ubicación actual de los viñedos en base a los índices bioclimáticos calculados.	29
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1	Identificación de ubicación de viñas en Biobío y Ñuble.	32
4.2	Estimación índices bioclimáticos para las regiones de Biobío y Ñuble.....	35
4.2.1	Selección método de interpolación datos meteorológicos.....	35
4.2.2	Obtención índices bioclimáticos.	37
4.3	Análisis de sensibilidad.....	46
4.4	Análisis de la ubicación de viñedos en base índices bioclimáticos.....	49
5	CONCLUSIÓN	52
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Consecuencias de la variación diaria de la temperatura.....	12
Tabla 2: Condiciones climáticas durante la maduración.....	12
Tabla 3: Porcentaje de error en base al método de interpolación según variable meteorológica.....	35



ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Superficie de vides plantadas por región en Chile al año 2017.....	6
Figura 2: Producción nacional de vinos al año 2017 por región.	7
Figura 3: Hectáreas de vides plantadas por comuna en las regiones del Biobío y Ñuble.....	8
Figura 4: Número de viñas por comuna según catastro vitícola 2016 y catastro vitícola 2017 para las regiones de Biobío y Ñuble.....	9
Figura 5: Estaciones Meteorológicas del área de Estudio.....	22
Figura 6: Ubicación de viñedos dentro de las regiones de Biobío y Ñuble.....	33
Figura 7: Cantidad de Viñas por comuna.	34
Figura 8: Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo de octubre de 2015 a marzo de 2016.....	38
Figura 9: Porcentaje de viñas que se encuentran en zonas recomendadas y no recomendadas según el índice heliotérmico de Huglin, para el periodo de estudio.	39
Figura 10: Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo de marzo 2015.	41
Figura 11: Porcentaje de viñas que se encuentran en zonas recomendadas y no recomendadas según el Índice Frío Nocturno, para el periodo de estudio.	42
Figura 12: Distribución espacial de las viñas según el Índice de sequía, periodo octubre 2014 a marzo 2015.....	44
Figura 13: Porcentaje de viñas en zonas recomendadas y no recomendadas según índice de sequía, para el periodo de estudio.	46
Figura 14: Análisis de sensibilidad índice de sequía variando la reserva hídrica inicial del suelo utilizable por las raíces.....	47

Figura 15: Análisis de sensibilidad índice de sequía variando la evapotranspiración. 48

Figura 16: Análisis ubicación en base al número de viñas en zonas recomendadas por índice climático..... 50

Figura 17: Análisis de viñas bien ubicadas en base a índices bioclimáticos. 51



ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Coeficiente de longitud del día (d) para IH	60
Anexo 2: Período para el cálculo del IS y valores de W.....	60
Anexo 3: Valor de k utilizado para cada mes.	61
Anexo 4: Clase de clima vitícola y sus intervalos para los tres índices (IH,IF, IS). 61	
Anexo 5: Base de datos estaciones meteorológicas.	62
Anexo 6: Cartografías índice heliotérmico de Huglin.....	83
Anexo 7: Cartografías de la distribución espacial para el índice de frío nocturno . 88	
Anexo 8: Cartografía índice de sequía.....	93



AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecer a quienes me apoyaron en este arduo camino universitario, en especial a mi hermana Jeannette Larenas por brindarme su ayuda cuando más lo necesité, sin ella no sé dónde estaría. Agradecer a mi pololo Elías Muñoz por estar siempre en cada etapa de mi vida desde que estamos juntos, a mi Padre Juan Constanzo por su apoyo incondicional y a Margarita Altamirano por formar parte de la familia que uno elige y a la vez ser como mi mamá.

Agradecer a cada una de las personas que conocí en esta hermosa etapa, en especial a mis amig@s con quienes formé lazos importantes y por estar ahí apañando en todas, por las infinitas horas tanto dentro como fuera de la UdeC y por los mil trabajos juntos, siempre estarán en mi corazón, si bien finaliza esta etapa para mí, no lo es nuestra amistad. Destacar a mi partner de tesis Valentina Ortiz por luchar juntas contra esta difícil meta acompañada de llantos, frustración y satisfacción a la vez por el logro alcanzado. A todos les deseo lo mejor en esta vida, son grandes personas.

Dar las gracias también a cada uno de los profesores que me hicieron clases, por compartir sus conocimientos y experiencias ya que sin ellos no podríamos formarnos como profesionales de la gloriosa UdeC. Destacar a la profesora Patricia González por su ayuda como profesora guía y al profesor Pedro Arriagada por su paciencia y disponibilidad hacia mi persona ya que sin su ayuda no habría podido finalizar esta tesis. Reconocer a cada uno de los tíos(as) del EULA por ser tan preocupados, en especial al tío Guillermo por ser tan buena onda y compartir sus experiencias, consejos y simpatía.

Finalmente destacar mi perseverancia que a pesar de los momentos difíciles que se pueden presentar en la vida he podido terminar esta etapa tan importante, porque siempre se puede seguir adelante y lograr nuestros objetivos.

A todos ¡muchas gracias!

Dedico esta tesis a mi abuelita (mí mami), aunque no estés en este mundo siempre confiaste en mí y en que podría ser una profesional. Te amo.

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en la evaluación de la influencia climática en la vitivinicultura para las regiones del Biobío y Ñuble a través de índices bioclimáticos entre los años 2012 a 2017. Los índices seleccionados fueron el índice de sequía, índice de frío nocturno e índice heliotérmico de Huglin. Primero se identificó los predios donde se encontraban las plantaciones vitivinícolas dentro de las regiones, con el objetivo de espacializar esta información mediante el uso del software ArcGIS 10.3. Posteriormente se obtuvo una base de datos con las variables climáticas a trabajar y se aplicaron los índices para ambas regiones mediante herramientas otorgadas por ArcGIS 10.3. Una vez obtenidos estos resultados se procedió a realizar un análisis de la ubicación de los predios con viñas y los índices climáticos identificando si se encontraban en zonas recomendadas o no en base a la interpretación de las clases de climas vitícolas realizado por Tonietto y Carbonneau (2004).

Los resultados indican que, en base a los índices climáticos, la región de Ñuble es la zona más crítica al comparar con la región del Biobío. Siendo el índice de sequía un factor importante a considerar, ya que si bien sus condiciones nicotérmicas y heliotérmicas son buenas, el riego se vuelve recurrente y necesario. Finalmente, se destaca que para ambas regiones las zonas donde se encuentran ubicadas las propiedades con plantaciones vitivinícolas es necesaria la implementación de nuevas tecnologías de riego, para poder alcanzar una producción con vinos de calidad.

1 INTRODUCCIÓN

La vid es una planta vivaz y trepadora perteneciente a la familia de las vitáceas, está compuesta por un sistema radicular, un tronco retorcido, vástago muy largo, flexible y nudoso. Además, cuenta con hojas grandes partidas en cinco lóbulos, su fruto es una baya más o menos redonda la cual se agrupa en forma de racimos llamada uva (RAE, 2018; Fondo Vitivinícola de Mendoza, 2009).

Uno de los factores más importantes para la producción de uvas de calidad son las condiciones climáticas, estas tienen una gran influencia afectando su nivel de maduración, color, aromas, entre otros. Una forma de determinar si las condiciones climáticas son favorables para las uvas es a través de índices climáticos o bioclimáticos, éstas son herramientas utilizadas a nivel mundial que permiten caracterizar y gestionar zonas vitícolas (Tonietto, Carbonneau, 2004; Marchant, 2010; Honorio, 2016).

En el mundo, existen alrededor de 7,5 millones de hectáreas plantadas donde el 52% de las uvas es utilizado para vinificación. En Chile, el 94% de los viñedos plantados es utilizado en la producción de vinos, por lo que gracias a este porcentaje lidera el cuarto lugar en exportaciones (OIV, 2018; SAG, 2019; ODEPA, 2019).

Las regiones de Biobío y Ñuble encabezan el tercer lugar en hectáreas a nivel nacional por lo que resulta importante el estudio del comportamiento climático en base a estos índices climáticos ya que se busca fomentar la producción de uvas y vinos de calidad para generar volúmenes importantes con la finalidad de ser comercializados tanto en mercados internos como en el extranjero para futuros cercanos.

Por su parte, en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS); los cuales buscan a nivel mundial generar un mundo más próspero y sostenible para las generaciones futuras, destaca el objetivo número 12 que promueve la producción y consumo responsables. En este contexto, esta investigación aporta al cumplimiento de

dicho objetivo pues busca responder la pregunta si las zonas donde se encuentran las plantaciones vitivinícolas en las regiones del Biobío y Ñuble se encuentran bien ubicadas y así poder aumentar el nivel de plantación y producción de vinos de calidad de forma sostenible con el medio ambiente, en las regiones de Biobío y Ñuble.



1.1 Pregunta de Investigación.

¿Cuáles son las zonas en la región del Biobío y Ñuble con mejor aptitud vitivinícola de acuerdo a índices bioclimático?

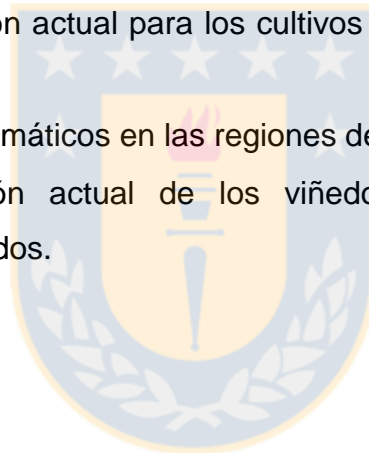
1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Evaluar la aptitud vitivinícola de las regiones de Biobío y Ñuble a través de índices bioclimáticos para el periodo 2012 a 2017.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Identificar la ubicación actual para los cultivos de vides en las regiones del Biobío y Ñuble.
- Estimar índices bioclimáticos en las regiones del Biobío y Ñuble.
- Analizar la ubicación actual de los viñedos en base a los índices bioclimáticos calculados.



2 ANTECEDENTES

2.1 Las vides a nivel mundial y Chile.

2.1.1 Contexto Internacional.

Historia de la vid y el vino en el mundo.

Antes que el ser humano se volviera sedentario, las vides se podían encontrar principalmente en Armenia, en su forma silvestre apoyada alrededor de árboles. Entre los años 8.000 a.C y 6.000 a.C aproximadamente aparecieron los primeros cultivos de vides formándose los primeros viñedos entre el Mar Negro y el Mar Caspio (Fondo Vitivinícola de Mendoza, 2009; Picornell, Melero, 2013; Romero, Jara. 2015).

A medida que avanzaba el tiempo se formaron distintas civilizaciones y con ello los cultivos vitícolas se fueron extendiendo por el continente Europeo. La iglesia católica también jugó un rol fundamental en la expansión del cultivo de vides a nivel mundial durante la edad media, dando origen a las cepas que existen hoy en día. América comenzó sus cultivos de vid gracias a misioneros que transportaban sus semillas y esquejes con orígenes de Francia, Alemania, España, Italia y Europa del Este. Los cortes también se introdujeron en Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda en el siglo XIX y posteriormente en el norte de África (Fondo Vitivinícola de Mendoza, 2009; This, et al., 2006).

La vid y el vino a nivel mundial.

La uva es una de las frutas con mayor cantidad de cultivos a nivel mundial. En el año 2017 se registró un total de 7,5 millones de hectáreas plantadas del cual España cuenta con el 13%, China 11%, Francia 10%, Italia 9%, Turquía 7% y el 50% restante se encuentra alrededor del mundo. La producción de uvas alcanzó un total de 73,3 millones de toneladas a nivel mundial, de este el 52% es utilizado

para la elaboración de vinos y un 42% en uvas de mesa, el porcentaje restante en uvas de pasas (OIV, 2018).

En cuanto a la producción de vinos a nivel mundial, al año 2017 se registró un total de 248 millones de hectolitros (hL), del cual Italia, Francia y España lideran el 44,93%. El consumo mundial alcanzó un total aproximado de 244 millones de hL siendo Estados Unidos el mayor consumidor con un 13,4%, seguido de Francia con 11,1% e Italia con 9,3% (OIV, 2018; ODEPA, 2018).

Los principales países exportadores de vino están asociados a España, Italia, Francia y Chile, siendo España el mayor exportador en cuanto a volumen con 23,2 millones de hL y Francia lidera el valor monetario con alrededor de 9.000 millones de Euros. Los principales importadores del 2017 estuvieron liderados por cinco países entre los que se encuentran Alemania, Reino Unido, Estados Unidos, Francia y China, con un total de 55,3 millones de hL lo que equivale al 51,2% (OIV, 2018; ODEPA, 2018).

2.1.2 Contexto Nacional.

Las primeras plantaciones de viñedos en Chile fueron registradas en el siglo XVI con la llegada de los españoles. Estos viñedos tenían como principal finalidad generar vinos de misa, los cuales comienzan en Copiapó y Santiago, para finalmente expandirse hasta más allá de la región del Biobío siendo la cepa País una de las variedades más plantadas hasta comienzo de los años 90 (INIA, 2004; Müller, 2004).

Según el último catastro vitícola presentado a la fecha por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) se estima que al año 2017 existe un total de 144.618,99 hectáreas (ha) plantadas a nivel nacional, las cuales están comprendidas desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Los Lagos. Del total de los viñedos plantados alrededor del 94% es utilizada para vinificación (SAG, 2019).

A nivel nacional las mayores plantaciones de vides se encuentran en la región del Maule con alrededor de 52.617,10 (ha) equivalente al 36,4%, seguida de la región de O'Higgins con 45.645,63 (ha) que corresponde a 31,6%, en menor proporción se encuentra la región del Biobío con 12.277,68 (ha) y la región Metropolitana con 12.256,55 (ha) las que ocupan el tercer lugar con un 8,5% como se puede apreciar en la siguiente figura (SAG, 2019).

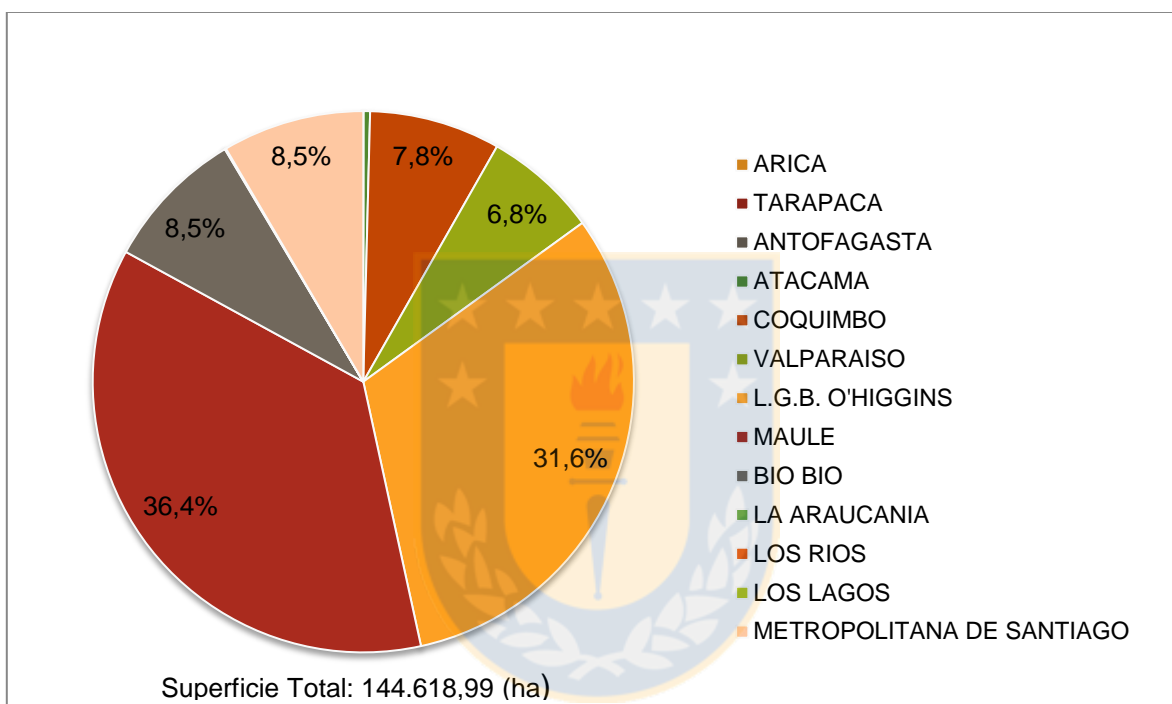


Figura 1: Superficie de vides plantadas por región en Chile al año 2017.

Fuente: Catastro Vitícola 2017, SAG.

Existen alrededor de 84 cepas distintas de vides plantadas en Chile de las cuales alrededor de 38 especies equivalen a especies blancas y 46 a especies tintas. Del total de cepas plantadas el 30,3% aproximadamente corresponden a Cabernet Sauvignon, seguidas con un 11,2% la cepa Sauvignon blanc, un 8,6% de Merlot, un 8,3% Chardonnay y con un porcentaje cercano con un 7,5% Carmenère (SAG, 2019).

El último informe ejecutivo sobre la producción de vinos en Chile emitido por el SAG para el año 2018 registra un total de 12,9 millones de hectolitros, aumentando en un 35,9% con respecto al año 2017. Las regiones con mayor producción son Maule con un 43,7%, Libertador Bernardo O'Higgins con 31,1%, en tercer lugar la región Metropolitana con un 14,1%, lo que relaciona la superficie plantada en estas regiones (SAG, 2018; ODEPA, 2019).

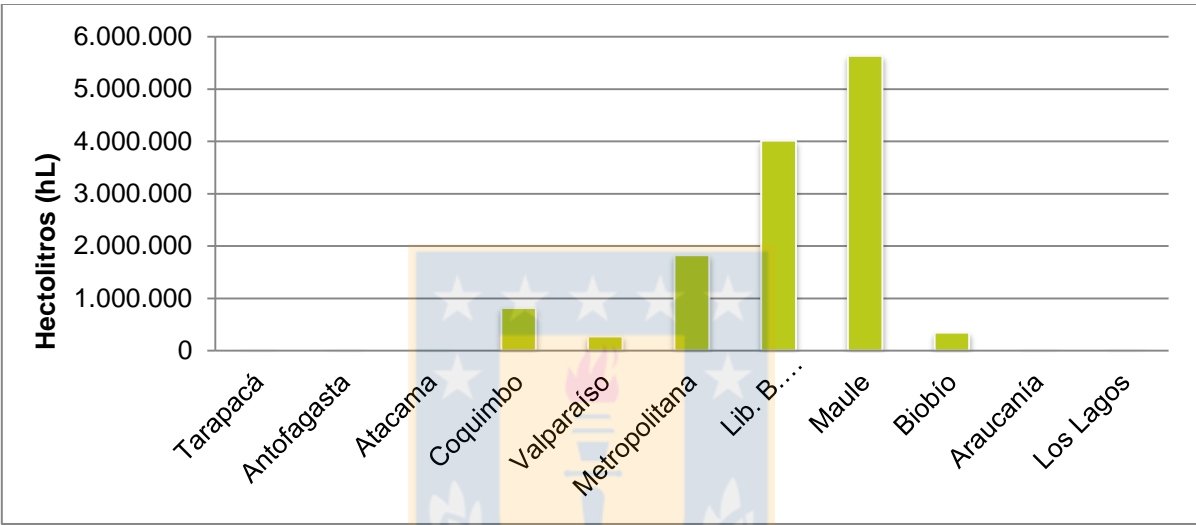


Figura 2: Producción nacional de vinos al año 2017 por región.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Informe Ejecutivo de Producción de vinos 2017; SAG 2017.

En relación a las exportaciones registradas durante el año 2018 se estima un total 875,8 millones de litros exportados en distintos envasados entre los que se destacan vinos embotellados, a granel, vinos espumosos, entre otros. El valor económico de estas exportaciones equivale a 2.066,1 millones de dólares, donde cada litro tiene un valor cercano a los 2,36 USD. Dentro de los principales países de exportación de Chile se encuentran Estados Unidos, China, Japón, Brasil, entre otros (ODEPA, 2019).

Las actuales regiones del Biobío y Ñuble son las que ocupan el tercer lugar en plantaciones, destacándose los valles del Itata y Biobío con la mayor porción de

plantaciones (Montes, et al., 2012; SAG, 2019). En la Figura 3 se puede apreciar la distribución de hectáreas por comuna destacándose Coelemu, Portezuelo, Quillón y Ranquil con más hectáreas plantadas (SAG, 2019).

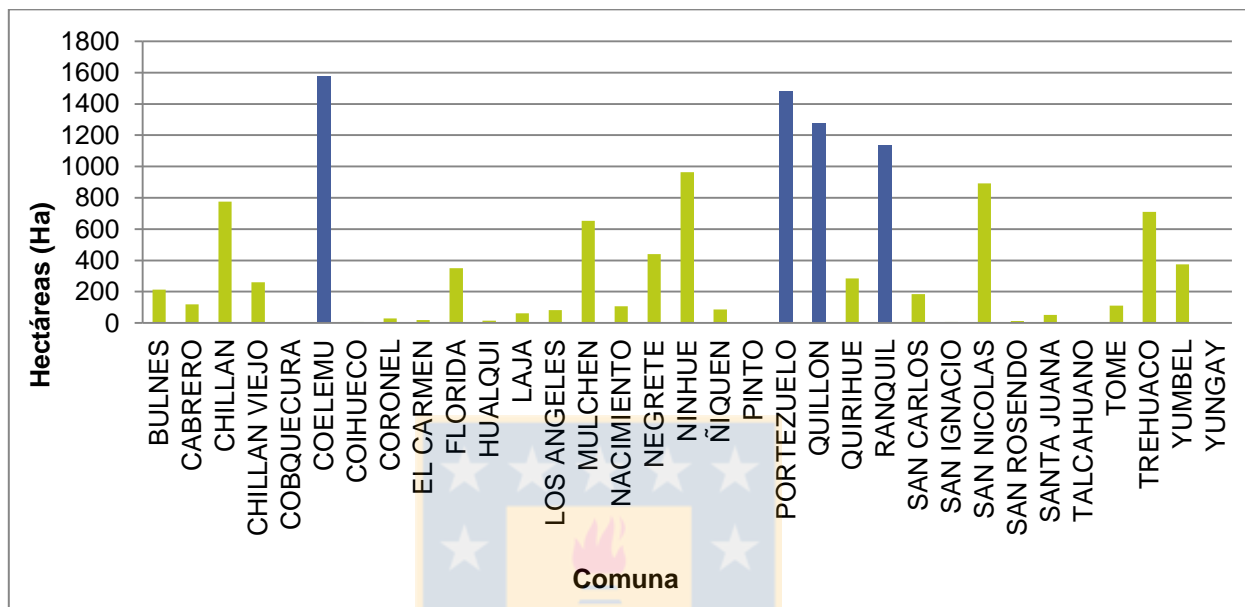


Figura 3: Hectáreas de vides plantadas por comuna en las regiones del Biobío y Ñuble.

Fuente: Catastro Vitícola 2017, SAG.

Existen alrededor de 19 cepas blancas y 23 cepas tintas, entre las más plantadas se encuentran Moscatel de Alejandría con 32,2%, la cual corresponde a variedad blanca, seguida de País con un 31,6%, de variedad tinta. Sin embargo, las variedades tintas cuentan con mayor hectárea plantada alcanzando el 55,9% de las regiones de Biobío y Ñuble. En Cuanto a propiedades plantadas se registra un total de 5008 viñas que en comparación al catastro vitícola del 2016 este se ha visto aumentado en un 3,9% (como se puede observar en la figura 4) y en hectáreas ha incrementado en un 1,5% (SAG, 2019).

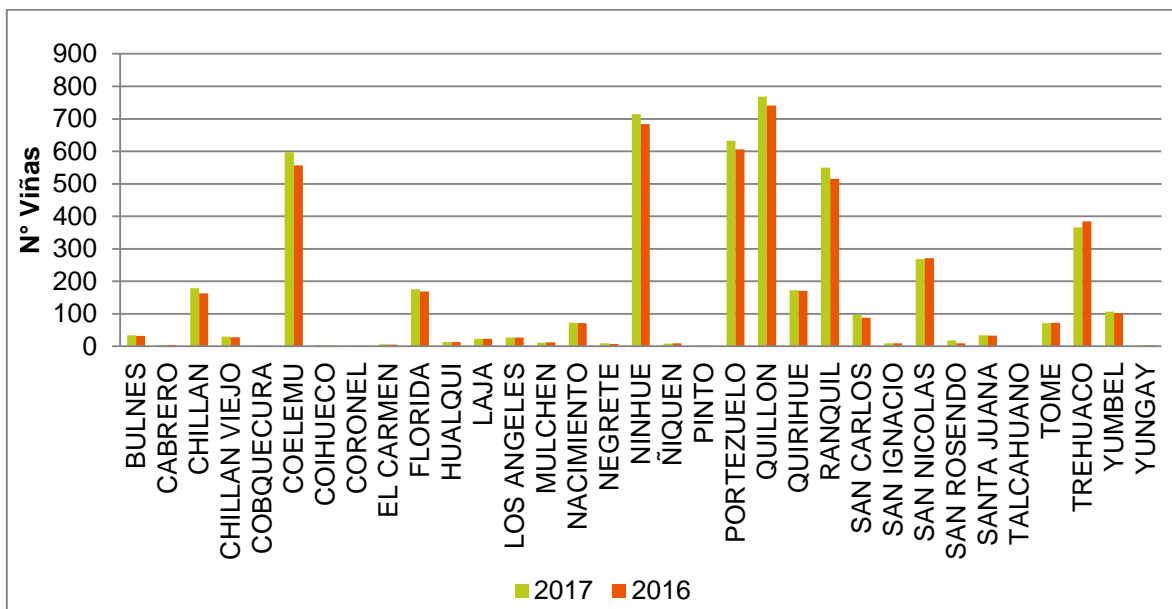


Figura 4: Número de viñas por comuna según catastro vitícola 2016 y catastro vitícola 2017 para las regiones de Biobío y Ñuble.

Fuente: Catastro Vitícola 2016 y Catastro Vitícola 2017, SAG.

2.2 Condiciones para el cultivo de vides.

Las vides son arbustos en formas de lianas de las cuales existen distintas cepas. Están compuestas por un sistema radicular el cual tiene como finalidad absorber agua y minerales que permiten el crecimiento de la planta, además, de su fijación al suelo. La raíz cuenta con un periodo de extensión inicial que va desde los 7 a 10 años, posteriormente un periodo de explotación de hasta 40 años y finalmente una decadencia a partir de los 50 años. Cabe destacar que entre los 3 y 5 primeros años no genera frutos (Picornell, Melero, 2013).

Otra parte de la vid son el tronco, brazos y sarmientos, donde la función del tronco es conducir el agua y los minerales de sustancias fotosintetizadas, sujetar los brazos y pámpanos o brotes de la cepa, mientras que los brazos conducen los nutrientes y definen la forma y distribución foliar (Picornell, Melero, 2013).

Las hojas de la vid tienen como fin poder realizar la fotosíntesis necesaria para la planta, además, de entregar la respiración y transpiración de esta, se puede destacar también que las flores son hermafroditas, por lo que su reproducción la pueden realizar por si solas. El fruto de la vid es la uva, el cual está compuesto por una película exterior llamada hollejo, una pulpa que se encuentra en el interior de la baya y las pepitas o semillas (Picornell, Melero, 2013).

La vid cuenta con un periodo activo vegetativo, tiempo en que la temperatura media del aire es igual o superior al cero vegetativo. El cero vegetativo varía según los años y la variedad de vid cultivada. Esta variación ha sido estudiada durante muchos años por lo que se determina que es 10°C, esto quiere decir que cuando se supera este umbral de temperatura comienza la brotación, ya que antes de esto la planta se encuentra en reposo invernal el cual comienza cuando se caen sus hojas. En el hemisferio norte el periodo vegetativo y reproductivo está comprendido entre los meses de abril a septiembre y de octubre a marzo para el hemisferio sur (Hidalgo, 1980; Fernández, 2011). Posterior a la brotación viene el crecimiento de la hoja, luego la floración para posteriormente dar paso a la formación de la baya y ya en su etapa casi final pasar al envero y maduración de la uva en donde adquiere sus propiedades como color olor, aroma etc., los cuales son muy importantes para la producción de las uvas (Fondo Vitivinícola Mendosa, 2009).

La producción de vides está sujeta a las condiciones climáticas, estas tienen una influencia muy importante al momento de cultivar y posteriormente cosechar el fruto que es la uva, de la cual se derivan los diferentes productos como lo es el vino, uvas de mesa, pasas entre otros. A continuación se detallan algunas características que permiten la producción de uvas para vino.

2.2.1 Características climáticas en la producción de vides para vino.

Temperaturas.

Las temperaturas son unos de los factores más importantes para los cultivos de vides dado que tiene estrecha relación con el periodo vegetativo y maduración de la uva. Sin embargo, durante el periodo invernal las vides poseen gran resistencia a temperaturas extremas que se pueden dar con la presencia de heladas (Andrades y González, 1995; Honorio, 2016).

La fotosíntesis y asimilación del carbono son los encargados del crecimiento y productividad de las vides. Una temperatura óptima para la fotosíntesis de la hoja está entre los 25°C y los 35°C ya que por sobre esta temperatura se puede ver disminuido este proceso, aunque se estima que pueden llegar hasta 40°C para que la fotosíntesis se vea reducida (Sotés, 2004; INIA, 2004). Según Andrades y González (1995) la temperatura media mínima que se debe alcanzar es de 18°C con la finalidad de llegar a una madurez satisfactoria y no debe superar los 42°C como temperatura máxima ya que puede ocasionar quemaduras en las hojas.

Una diferencia marcada entre las temperaturas diurnas y nocturnas favorece a una maduración lenta lo cual resulta beneficioso para la obtención de un aroma y color óptimo que a su vez genera vinos de mayor calidad. A continuación se presentan dos tablas donde se detallan las propiedades que adquiere el fruto según las condiciones climáticas y temperaturas diurnas como nocturnas según Sotés (2004).

Tabla 1: Consecuencias de la variación diaria de la temperatura.

	Temperatura Diurna	Temperatura Nocturna
Alta	Mayor tasa fotosintética. Mayor rapidez tanto en el metabolismo de ácidos como en la producción de aromas.	Degradación rápida del ácido málico. Degradación parcial de azúcares y otros compuestos como antocianos.
Baja	Menor tasa de fotosíntesis. Mayor lentitud en el metabolismo de ácidos.	Degradación lenta del ácido málico. Buena retención de azúcares. Menor metabolismo de componentes como antocianos.

Fuente: Vicente Sotés (2004). Comportamiento fisiológico de la vid en climas cálidos y en particular durante el período de maduración de la uva.

Tabla 2: Condiciones climáticas durante la maduración.

	Impacto en la composición de la baya
Días cálidos y noches cálidas	Buena producción de azúcares, escasa acidez, poco color y baja concentración de taninos. Condiciones buenas para uva de mesa y pasificación. No aconsejable para producción de vino de calidad.
Días cálidos y noches frías	Buena producción de azúcares. Conservación de ácidos, color y aromas. El mejor para la producción de vinos de calidad.
Días fríos y noches cálidas	Bajo contenido en azúcares, pocos aromas y poca producción de color. Elevada acidez. Esto puede suceder en condiciones de estrés hídrico. La baja no alcanza la madurez total.
Días fríos y noches frías	Adecuado para actividad general reducida. Poco aconsejable durante la maduración.

Fuente: Vicente Sotés (2004). Comportamiento fisiológico de la vid en climas cálidos y en particular durante el período de maduración de la uva.

Precipitaciones.

Los cultivos vitivinícolas necesitan precipitaciones cercanas a los 600 mm en promedio anual, esperando que entre los meses de octubre a marzo para el hemisferio sur y abril a septiembre para el hemisferio norte se generen entre 250mm a 300mm para que se puedan obtener vinos de mejor calidad (Andrades y González, 1995). Según Sotés (2004) estima que en lo posible la cantidad de precipitaciones bastante menores a los 700mm permite la obtención de vinos de mejor calidad sumado a esto un riego bien manejado puede servir para variar la velocidad del crecimiento y maduración.

Sin embargo, en el periodo de invierno las lluvias no generan una influencia directa sobre las vides, mientras que a inicios del verano siempre y cuando no sean excesivas pueden resultar beneficiosos para el desarrollo vegetativo y ser favorables para el tamaño de las bayas, de lo contrario pueden generarse aumento de plagas y enfermedades producto de la humedad (Andrades y González, 1995).

El exceso de lluvias y riego producen vinos con baja calidad ralentizando la maduración, aumentando el pH, el contenido de ácidos y el rendimiento dado al aumento de tamaño de la baya y este a su vez se asocia a una menor coloración. A partir del envero (comienzo maduración de la uva) las lluvias excesivas pueden provocar podredumbre, un exceso de estrés hídrico en el periodo de maduración puede generar defoliación precoz, aumento de pH, disminución en la acidez, pérdida de aromas, entre otros problemas (Sotés, 2004).

Luminosidad, cobertura nubosa y viento.

La luminosidad y cobertura nubosa relaciona el sistema de conducción de las plantas. A medida que se baja en latitud la intensidad lumínica incrementa, al aumentar esta intensidad se aumentan las temperaturas (Sotés, 2004).

Las vides requieren de un mínimo de horas de sol las cuales se sitúan entre las 1500 a 1600 horas, a su vez existe un límite superior el cual puede afectar las bayas y con ello la calidad del vino, dado que afecta los compuestos polifenólicos (Andrades y González, 1995).

El viento “en general reduce la fotosíntesis y en consecuencia los sólidos solubles, porque puede modificar algunos factores térmicos (refrescamiento), disminuir la superficie foliar (rotura de brotes) o disminuir la conductancia estomática” (Sotés, 2004).

2.2.2 Características del suelo necesarias en la producción de vides para vino.

El suelo es uno de los factores que no presenta mayor relevancia en cuanto a la calidad de la uva y el vino si se compara con la influencia del clima, sin embargo, se cree que existe una relación indirecta, dado que, según el tipo de suelo este puede retener más o menos calor, distintas cantidades de agua y además, presentar diferentes estados nutricionales (Jackson, 2008; INIA, 2004).

El cultivo de vides puede ser desarrollado en cualquier terreno, pero se cree que existe una excepción con los suelos salinos ya que se vuelve más sensible. Sin embargo, los tres tipos de rocas básicas (rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas) son idóneas para la producción de vinos finos (Jackson, 2008; Vinetur, 2014; Shkarupilo et al., 2017).

Los suelos arcillosos son suelos pesados y porosos, estos dificultan la penetración de las raíces resultando ser suelos poco aireados cuando se encuentran húmedos. En periodos de sequía este tipo de suelo genera un estrés hídrico en la vid dado que las raíces quedan en la zona de la superficie (Jackson, 2008; Vinetur, 2014).

Los suelos arenosos son suelos más ligeros, se encuentran mejor drenados y aireados, dado que su porosidad es más grande retienen poca agua concentrando altas temperaturas por lo que se pueden observar maduraciones adelantadas. En periodos de sequía estos pueden ser menos severos siempre y cuando las raíces puedan tener acceso a aguas subterráneas (Jackson, 2008; Vinetur, 2014).

Por lo que se recomiendan más: suelos livianos, sueltos y profundos, con un metro de profundidad exento de agua correspondiente a la napa freática más cercana (INIA, 2004).

2.2.3 Factores Geográficos.

Latitud y altitud.

La distribución vitivinícola se puede encontrar principalmente entre los paralelos 30° y 50° Latitud norte y los paralelos 30° y 40° latitud sur, sin embargo, también existen en zonas tropicales. Cabe señalar que si se aumenta en 1° la latitud, la temperatura media anual se ve disminuida en 0,6°C aproximadamente, lo cual define lo antes mencionado. A su vez afecta las horas de sol el que provoca un aumento en el periodo vegetativo (Armas, 2014; Honorio, 2016).

La altitud también resulta ser un factor importante ya que a medida que se aumenta la altitud su temperatura media disminuye, retrasando entre 2 a 3 días la vegetación a medida que se aumentan 100 metros dado que la temperatura disminuye 0,7°C aproximadamente (Armas, 2014; Honorio, 2016).

En territorios meridionales las vides se favorecen según la altitud ya que se aumenta la intensidad del reposo invernal. Lo contrario ocurre en territorios septentrionales ya que se ve limitando al aumentar la altitud (Armas, 2014).

Orientación y pendiente.

La pendiente del terreno es un factor a considerar al momento de tener viñas ya que según su inclinación esta puede recibir más o menos intensidad solar. Si las

vides se encuentran situadas en los valles, se encuentran expuestas a un riesgo de heladas mayor que en zonas más altas, esto producto que el frío se concentra más en las zonas bajas. Otro factor es que en terrenos con pendientes el riesgo de erosión es mayor por lo que se debe considerar un desvío de las aguas lluvias mediante zanjas y/o plantación de cubiertas vegetales entre plantas (Armas, 2014; INIA, 2004).

En cuanto a la orientación, esta permite regular la energía solar a la que se expone la vid. En el caso de haber zonas con luminosidad limitada las plantaciones deben ubicarse con orientación norte-sur o bien noreste-sureste, de lo contrario pueden ubicarse en cualquier sentido (Armas, 2014; INIA, 2004).

2.3 Cambio climático en las vides.

El cambio climático es una alteración en el clima a nivel mundial producto de la naturaleza y la acción tanto directa como indirecta del ser humano, generándose con ello eventos meteorológicos extremos, aumento en las temperaturas, fuertes precipitaciones, sequías en algunos sectores, entre otros efectos (MINAGRI, 2010; ODEPA, 2013; MMA, 2015).

Las vides son sensibles a estos cambios, es por ello que pueden presentar diferentes efectos en sus cultivos, estos pueden llegar a ser positivos como negativos (Aruani, 2010).

2.3.1 Efectos del cambio climático en las vides a nivel mundial.

Las vides se encuentran plantadas a lo largo del mundo en aquellos lugares donde el clima predominante es templado cálido, este tipo de clima es el más idóneo para su producción, sin embargo, debido a los diferentes factores climáticos es que se prevén alteraciones dentro de los cultivos vitivinícolas.

Según Jones (2008) el cambio climático no afectará de la misma manera a todas las regiones vitivinícolas, ya que habrá zonas cálidas donde su temperatura será

incrementada y zonas frías donde su temperatura disminuirá. A su vez las variedades se verán afectadas de forma diferente, lo que dependerá del umbral climático al que se vea enfrentado.

Entre los impactos se prevé un crecimiento acelerado en las vides, desequilibrios en la maduración. En zonas más cálidas podrían evidenciarse altos niveles de azúcar y de alcohol debido a que a la espera de los sabores la acidez que se pierde rápidamente. Este aumento puede llegar a afectar el envejecimiento (Jones, 2008).

Se cree, además, que el 50% de los vinos australianos con denominación de origen han aumentado su nivel alcohólico producto de la variabilidad y el cambio climático (Jones, 2008). En Europa entre los periodos de 1950 a 1999 se ha registrado un aumento de 1,3 °C en las temperaturas medias para la temporada de crecimiento y 1,7°C entre 1950 al 2004, además, se han registrado acortamientos en el periodo de crecimiento tanto en Australia como Europa (Fraga et al., 2013).

A nivel mundial se han registrado cambios en las vides como brotación, floración y maduración más temprana, adelantándose con ello los periodos de cosecha. Se cree, además, que con el cambio climático existe un aumento en los incendios forestales los cuales resultan perjudiciales en la producción de vinos dado que se contaminan por lo que pierden su calidad. Otro factor importante es el aumento en la incidencia de plagas ya que se dan las condiciones climáticas para ello (Mira de Orduña, 2010).

2.3.2 Efectos del cambio climático en las vides a nivel nacional.

Las vides a nivel nacional se encuentran plantadas desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos. Chile es considerado un país vulnerable al cambio climático, por lo que no queda exento de este fenómeno generando a su vez efectos en los cultivos de las vides a nivel nacional.

Según un informe emitido por el Ministerio de Agricultura (MINAGRI) en el año 2010, en base a un estudio realizado por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED) de la Universidad de Chile en el año 2008 titulado “Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenario de cambio climático” el cual presenta dos tipos de escenarios más probables A2 y B2, en base a lo que prevé el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) para mediados del siglo XXI.

El Escenario B2 es un escenario donde las emisiones de CO₂ “aumentan en forma sostenida pero no muy acentuadamente y se considera que este escenario es el más moderado y optimista” (MINAGRI, 2010), en cambio en el escenario A2 el CO₂ presenta “un crecimiento acelerado, reforzando aún más el efecto invernadero en el planeta” (MINAGRI, 2010). Este segundo escenario es “el más pesimista y anticipa los efectos más graves del cambio climático sobre el planeta y sobre Chile específicamente” (MINAGRI, 2010).

Bajo el escenario A2, al año 2040 las vides pueden presentar para la zona norte una caída en la productividad dado a la maduración temprana producto del alza en las temperaturas tanto en invierno como en primavera, produciendo con ello una brotación temprana del cultivo y una disminución del periodo frutícola. Este fenómeno puede verse compensado en aquellas variedades tardías (MINAGRI, 2010).

Entre las regiones de Coquimbo y O’Higgins prevalece una disminución en el rendimiento el cual varía entre un 10% y un 60%. Sin embargo, hay sectores en que la productividad puede aumentar hasta un 15%, debido al aumento en la radiación con especial énfasis hacia la zona de la pre cordillera (MINAGRI, 2010).

Desde la región Metropolitana hacia el sur habría una disminución en la luminosidad, aumento de las temperaturas y precipitaciones, además, de la

presencia de heladas tardías en primavera provocando un deterioro en las condiciones para el cultivo de vides (MINAGRI, 2010).

Entre la región del Maule y Biobío aumentaría el potencial de producción con especial énfasis en el valle central, sin embargo, en la costa mantiene un bajo potencial dado que no alcanzan las temperaturas necesarias (MINAGRI, 2010).

En las regiones de la Araucanía a los Lagos se espera un aumento en la productividad de hasta el 200%. Sin embargo, se espera en todas las regiones un aumento en el riego producto de las sequías, siendo la zona de la Araucanía una de las más afectadas (MINAGRI, 2010).

2.4 Índices Climáticos.

Los índices climáticos o bioclimáticos son herramientas utilizadas a nivel mundial para clasificar zonas vitícolas. Estos modelos matemáticos relacionan diferentes parámetros como temperatura, precipitaciones, evapotranspiración, entre otros, caracterizando así las zonas aptas para el cultivo de vides para la producción de vinos, de esta forma se puede gestionar un territorio de acuerdo a su potencial climático (Tonietto, Carbonneau, 2004; Marchant, 2010; Honorio, 2016).

A continuación se detallan algunos índices utilizados a nivel mundial.

En el año 1944 Winkler y Amerine crearon en California un índice climático que relaciona las temperaturas medias diarias eficaces del periodo vegetativo de la vid, clasificando cuatro regiones y con ello determinar la calidad del vino que se puede llegar a obtener (Gallina et al., 2016).

En 1946 J. Branas, G. Bernon y L. Levadoux, crean el índice heliotérmico de Branas el cual relaciona las temperatura media diaria de todo el año con la longitud del día. Su finalidad es poder determinar la duración de los ciclos del cultivo (Aranguren et al, 2015; Gallina et al, 2016). El índice hidrotérmico de

Branas. Bernor y Levadoux, es otro índice creado por estos autores, en este se relaciona la precipitación mensual y la temperatura mensual con la finalidad de identificar posibles ataques de mildew un hongo llamado *Plasmopara Vitícola*, donde un umbral mayor a los 1500 su aparición resulta probable (Hidalgo, 1980, Honorio, 2016).

En 1978 Huglin plantea el índice heliotérmico de Huglin donde relaciona las temperaturas medias diarias, temperaturas máximas diarias y un coeficiente de longitud del día el cual varía según la latitud. Este es uno de los más utilizados a nivel mundial para comparar zonas vitivinícolas, debido a que la actividad fotosintética se encuentra estrechamente relacionada con la temperatura, luminosidad y radiación (Hidalgo, 1980; Honorio, 2016; Tonietto, Carbonneau, 2004; Marchant, 2010).

En 1992 Gladstones modificó el índice de Winkler, generando el índice grado día biológicamente efectivos (BEDD) el cual cuenta con un valor base de 10°C y un máximo de 19°C, ajustándose a las necesidades de la vid. Al igual que el índice heliotérmico de Huglin integra un coeficiente de latitud considerando con ello la duración del día (Anderson et al., 2012; Honorio, 2016).

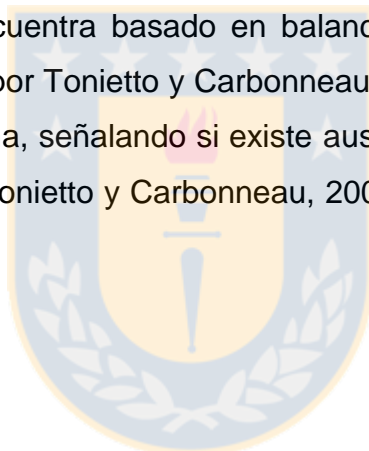
La temperatura media del periodo de crecimiento (GST) es usado para identificar el potencial de madurez a partir de la obtención de la temperatura media para el periodo activo de las vides, de esta forma poder ser comparadas con otras zonas, además, delimita las latitudes máximas y mínimas para el cultivo de las vides (Anderson et al., 2012; Honorio, 2016).

El índice bioclimático de la calidad de Fregoni, permite identificar el comportamiento final de la maduración de la vid, para lo que se debe estudiar los últimos 30 días anteriores a este, integrando la amplitud térmica del día y la duración del tiempo en que la temperatura se encuentra bajo los 10°C (Honorio, 2016).

El índice biológico de Hidalgo, relaciona la temperatura eficaz con las horas de sol y la precipitación anual sin considerar la duración del periodo vegetativo (Honorio, 2016).

El índice de frío Nocturno, es un índice propuesto por Tonietto en 1999 con la finalidad de estimar las temperaturas medias mínimas nocturnas durante el periodo de maduración, en este periodo es cuando se observa la coloración, aromas, acumulación de azúcares, por lo que al identificar las noches a las cuales se ve enfrentado este periodo se puede determinar el comportamiento de estos factores los cuales resultan importantes al momento de obtener vinos de calidad (Tonietto y Carbonneau, 2004; Honorio, 2016; Marchant, 2010).

El índice de sequía se encuentra basado en balance hídrico potencial de Riou posteriormente modificado por Tonietto y Carbonneau, el cual permite identificar la componente hídrica del clima, señalando si existe ausencia o presencia de sequía en una región vitivinícola (Tonietto y Carbonneau, 2004; Honorio, 2016; Marchant, 2010).



3 METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio.

El área de estudio definida para la elaboración de esta investigación está asociada a las regiones del Biobío y Ñuble las cuales pueden ser apreciadas en la Figura 5.

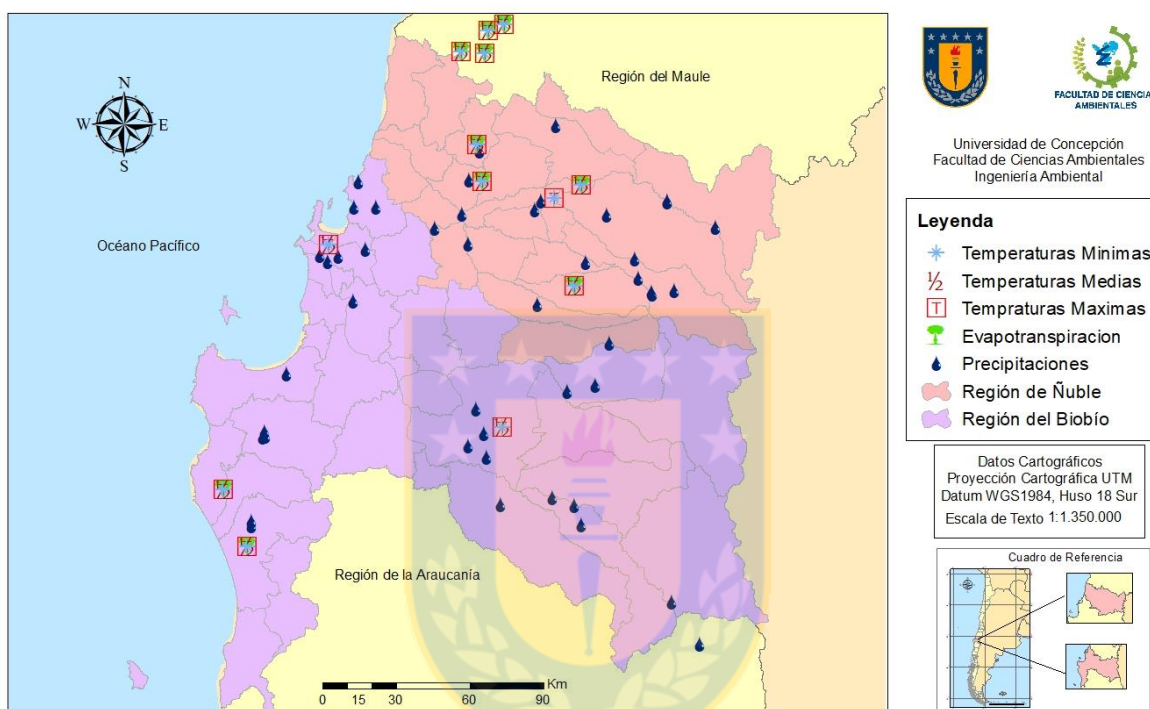


Figura 5: Estaciones Meteorológicas del área de Estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN, 2018), Explorador Climático, 2018, Agromet, 2018, DGA, 2018.

Las regiones estudiadas se encuentran ubicadas entre los husos 18 y 19. En el caso de la región de Ñuble esta se encuentra entre las regiones del Maule y Biobío. La componen 21 comunas y tres provincias, posee una superficie de 13.178,5 Km², con un clima templado mediterráneo hacia el interior y templado húmedo en las zonas costera, sectores altos y laderas occidentales de la cordillera de la costa mientras que en la cordillera de los andes su clima es más frío (BCN, 2018).

La región del Biobío se ubica entre las regiones de Ñuble y Araucanía, tiene una superficie de 24.021 Km², posee tres provincias y 33 comunas, con un clima templado mediterráneo. En el norte de la Región se contempla una zona intermedia, bordes orientales de la cordillera de la costa y los sectores más bajos de la pre cordillera. “En la franja costanera y en los sectores altos y laderas occidentales de la Cordillera de la Costa se presenta un clima templado húmedo” (BCN, 2018), Por sobre los 1.500 metros en la zona cordillerana, su clima es frío al igual que la región de Ñuble (BCN, 2018).

Cabe destacar que una de las limitaciones del presente estudio fue la baja disponibilidad de datos, por lo que se debió realizar interpolaciones omitiéndose la topografía y elevación de la zona a estudiar. Por otra parte es importante mencionar que ambas regiones fueron consideradas como una macrozona.

3.2 Identificación ubicación plantaciones de viñas en las regiones del Biobío y Ñuble.

Para identificar los sectores donde se encontraban los cultivos vitivinícolas dentro de la región del Biobío y Ñuble se solicitó las coordenadas de los cultivos al Servicio Agrícola Ganadero (SAG) y al Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), mediante ley de transparencia. La información fue entregada en planilla Excel, en el caso del SAG ésta se encontraba dividida en las siguientes columnas: especie, región, comuna, dirección del predio y su georreferencia, con un total de 3.453 datos. Por su parte el INDAP entrega la información dividida en comuna, Huso, coordenada este, coordenada norte, rubro y especie, con un total de 3.842 datos.

Para trabajar la información fue necesario un orden y limpieza de los datos ya que no todas las coordenadas se encontraban en mismo huso, además, de encontrarse celdas sin información o con valores 0 y coordenadas repetidas.

Con la finalidad de espacializar esta información se utilizó un software de información geográfica ArcGIS 10.3, el cual permite recopilar, organizar, administrar, analizar, comparar y distribuir información geográfica.

Dado que la información se encontraba en hoja de cálculo, se procedió a crear un shape con las coordenadas entregadas por el SAG e INDAP. Una vez obtenido el shape con la distribución espacial se debió realizar una limpieza de los datos pues no todas las coordenadas se encontraban en las comunas correspondientes, por lo que debieron ser eliminadas. En otros casos las coordenadas se encontraban fuera de la región a estudiar, su eliminación se hizo mediante la herramienta clip de ArcGIS 10.3 que permitió cortar la información con respecto a las regiones estudiadas.

Una vez limpiado todos los datos se fusionó la información entregada por el SAG e INDAP, quedando un total de 4.679 datos proyectados. Posteriormente se transformaron todos los datos en el huso 18, para lo cual fue necesaria la herramienta de proyección y transformación otorgada por ArcGIS 10.3.

Finalmente se crea la cartografía de la distribución espacial correspondiente a la ubicación de las propiedades con vides dentro de las regiones del Biobío y Ñuble.

3.3 Estimar índices bioclimáticos en las regiones del Biobío y Ñuble.

3.3.1 Selección índices climáticos.

Los índices climáticos fueron seleccionados mediante información bibliográfica. El criterio de selección para este estudio fue: a) aquellos más utilizados a nivel mundial y b) la disponibilidad de los datos para la aplicación de éstos. Para ello, esta investigación se basó en un estudio realizado por Tonietto y Carbonneau (2004) en donde se utilizan tres índices los cuales son clasificados como multicriterio dado que son sintéticos y complementarios entre sí.

Índice Heliotérmico de Huglin (IH). Su cálculo fue realizado en base a los valores mensuales durante el periodo activo de la vid correspondiente entre octubre a marzo. Su fórmula se detalla a continuación.

$$HI = \sum_{01/10}^{31/03} \left[\frac{(T_m - 10) + (T_x - 10)}{2} * d \right]$$

Donde, T_m corresponde a la temperatura media del aire ($^{\circ}\text{C}$), T_x temperatura máxima del aire ($^{\circ}\text{C}$), d coeficiente de duración del día que varía según la latitud (ver anexo 1).

Índice de Frío Nocturno (IF). Este índice relaciona las temperaturas medias mínimas del mes de marzo ($^{\circ}\text{C}$).

$$IF = T_{min} \text{ mes de marzo}$$

Índice de sequía (IS). Su obtención fue realizada en base a los valores mensuales durante el periodo activo de la vid correspondiente entre octubre a marzo (ver anexo 2). Su fórmula se detalla a continuación.

$$W = W_o + P - T_v - Es$$

Donde, W es la estimación de la reserva hídrica del suelo para el final de un período dado en (mm) también conocido como balance hídrico del viñedo, W_o la reserva hídrica inicial del suelo utilizable por las raíces (mm), P es la precipitación mensual (mm), T_v es la transpiración potencial del viñedo (mm), Es la evaporación directa desde el suelo (mm).

Para obtener la transpiración potencial del viñedo fue necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$T_v = ETP \times K$$

Donde, ETP es la evapotranspiración potencial (total mensual) usando el método de Penman, K es el coeficiente de radiación absorbido por la planta (tiene relación con la transpiración y depende de la arquitectura del viñedo) (ver anexo 3).

Para obtener la Evaporación directa desde el suelo se aplicó la siguiente formula:

$$E_s = \frac{ETP}{N} \times (1 - K) \times JPm$$

Donde, N es el número de días del mes, JPm es el número de días de evaporación efectiva desde el suelo por mes equivalente a la precipitación del mes en mm/5 (JPm debe ser menor o igual al número de días del mes).

La reserva hídrica del suelo (W) puede ser negativa, este valor indica un déficit hídrico potencial, pero no puede ser mayor a la reserva hídrica potencial del suelo. Si no se conoce el valor inicial de la reserva hídrica (W_0) se asume como 200mm el cual es un valor promedio recomendado (Riou, 1994).

3.3.2 Obtención de parámetros o variables a utilizar en índices climáticos.

Para llevar a cabo la aplicación de los índices climáticos fue necesaria la obtención de algunas variables como temperaturas medias, máximas y mínimas, evapotranspiración y precipitaciones. Para ello se descargó la información de estaciones meteorológicas disponibles en algunas plataformas que cuentan con datos históricos para las regiones del Biobío y Ñuble. Entre las bases de datos trabajadas se encuentran Explorador Climático, Red Agrometeorológica del INIA (Agromet), Dirección General de Agua (DGA), Las bases de datos utilizadas se encuentran en el anexo 5.

El estudio se realiza para el periodo comprendido entre los años 2012 al 2017, dado que todas las variables deben estar dentro de la misma escala temporal. Una vez obtenida la base de datos se procedió a realizar una limpieza de ésta

permitiendo identificar las diferentes estaciones meteorológicas a trabajar según el periodo antes determinado, las cuales se muestran en la figura 5.

Puesto que las regiones a estudiar no contaban con estaciones suficientes para abarcar todo el territorio, fue necesario realizar una interpolación de los datos disponibles, este método busca hacer una aproximación en aquellas zonas donde no hay información.

Para llevar a cabo la interpolación se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente ArcGIS 10.3. Este software posee diferentes herramientas de interpolación las cuales “predicen valores para las celdas de un ráster a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. Puede utilizarse para predecir valores desconocidos de cualquier dato de un punto geográfico” (Esri, 2016).

Entre los métodos de interpolación se encuentran IDW (Ponderación de distancia inversa) que determina el valor de las celdas mediante promedios donde a mayor distancia de la muestra disminuye cartográficamente su valor, por lo que se denomina un método determinístico.

Método de Kriging es un método geoestadístico que realiza una correlación estadística entre los puntos medios proporcionando certeza en las predicciones, puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación. Este método resulta ser uno de los más utilizados a nivel mundial. El método de Cokriging es análogo a kriging con la diferencia que utiliza una correlación espacial (Esri, 2016).

Una vez obtenido los resultados de la interpolación para cada uno de los métodos antes mencionados, en donde se consideró el primer mes de estudio para cada una de las variables utilizadas, se procedió a validar esta información mediante

validación cruzada, con la finalidad de escoger el método con menor porcentaje de error. Posteriormente se realizó la interpolación con el método seleccionado según la variable al resto del periodo de estudio.

Una vez obtenidas todas las interpolaciones se procedió a rellenar mediante la herramienta calculadora raster. Cabe destacar que en las precipitaciones se tuvo que realizar una corrección pues resultaban periodos en que los intervalos daban valores negativos, en esos casos se consideró como cero su valor.

Finalmente, los raster ya rellenos fueron utilizados para la obtención de los diferentes índices climáticos mediante la herramienta calculadora raster. Posteriormente los índices debieron ser reclasificados utilizando el sistema multicriterio creada por Tonietto y Carbonneau (2004) y con ello crear las cartografías para cada uno de los índices.

Con la finalidad de poder visualizar en mejor forma los índices se agrupó gráficamente cada uno de estos. Para ello se debió traspasar a polígono el raster de la reclasificación, posteriormente se unieron el polígono creado con la información de la ubicación de los viñedos y finalmente se graficó esta información según análisis bibliográfico.

3.4 Análisis de sensibilidad paramétrica.

El análisis de sensibilidad fue aplicado al índice de sequía. Para llevar a cabo este paso se debió seleccionar el porcentaje de variación al azar, en donde los trabajados fueron al $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 25\%$, $\pm 55\%$ y $\pm 60\%$. En una hoja de cálculo en el programa Excel, se ingresaron las variables a trabajar. Se utilizó el promedio de las distribuciones espaciales (raster) para los meses de octubre 2016 a marzo 2017. Las variables modificadas fueron la reserva hídrica inicial del suelo utilizable por las raíces (W_0) ya que se asume 200 cuando no se conoce. La otra variable modificada fue la evapotranspiración de Penman ya que en esta se asumen varias

condiciones para obtener su resultado. Una vez calculadas las variaciones del índice se estimó su porcentaje mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Índice}_{\text{Sin variación}} - \text{Índice}_{\text{variado}}}{\text{Índice}_{\text{Sin variación}}} \times 100$$

Una vez obtenidos estos resultados se procedió a analizar cada uno de los parámetros modificados, mediante un gráfico.

3.5 Analizar la ubicación actual de los viñedos en base a los índices bioclimáticos calculados.

Mediante la interpretación de las clases de climas vitícolas realizado por Tonietto y Carbonneau (2004) se procedió a analizar los resultados de la ubicación de las propiedades donde se encontraban las viñas en las regiones estudiadas. Se consideraron aquellos intervalos donde mejor se pueden desarrollar las vides para cada uno de los índices estudiados.

A continuación se detalla la interpretación de las clases de climas vitícolas (ver intervalos en Anexo 4) en base al estudio realizado por Tonietto y Carbonneau (2004).

a) Índice Heliotérmico de Huglin.

En clima muy frío solo las variedades muy tempranas pueden alcanzar la madurez, como variedades blancas. En inviernos muy fríos se utilizan variedades más resistentes que *Vitis vinífera* como variedades americanas o híbridos interespecíficos. Su intervalo es $\leq 1500^{\circ}\text{C}$.

En climas fríos es posible la maduración de una gama más amplia de uvas ya sean blancas o tintas, incluidas Riesling, Pinot Noir, Chardonnay, Cabernet Franc y Merlot. Su intervalo va desde $>1500^{\circ}\text{C}$ y $\leq 1800^{\circ}\text{C}$.

En climas templados variedades tardías como Cabernet Sauvignon o Syrah, pueden alcanzar su maduración. Su clima va desde $>1800^{\circ}\text{C}$ a $\leq 2100^{\circ}\text{C}$.

En climas templado caluroso variedades más tardías como Carignan o Mourvèdre, pueden alcanzar su maduración. Además, en este clima no existen limitaciones heliotérmicas para la maduración de las variedades, con algunas excepciones de variedades apirenas. Su intervalo va de los $>2100^{\circ}\text{C}$ a $\leq 2400^{\circ}\text{C}$.

En climas calurosos se exceden las necesidades heliotérmicas de maduración, incluso para aquellas variedades más tardías presentándose riesgos de estrés. Su intervalo va de $>2400^{\circ}\text{C}$ a $\leq 3000^{\circ}\text{C}$

En climas muy calurosos no existen limitaciones heliotérmicas para la maduración de la baya, se empiezan a presentar zonas con climas intertropicales y en ciertos casos se pueden dar más de una cosecha al año, pero no es el caso de Chile. Su intervalo es $>3000^{\circ}\text{C}$.

b) Índice de Frío Nocturno.

En climas vitícolas con noches cálidas su maduración ocurre con temperaturas nocturnas elevadas para todas las variedades, pudiendo afectar el color y potencial aromático de la uva. Su intervalo es $>18^{\circ}\text{C}$

En climas con noches templadas las variedades más tardías tendrán una maduración en condiciones de temperaturas nocturnas más bajas que las variedades precoces. Su intervalo está entre $>14^{\circ}\text{C}$ y $\leq 18^{\circ}\text{C}$.

En climas con noches frías no se exceden los límites máximos de temperaturas nocturnas favorables para la maduración en ninguna variedad. Este tipo de noches son muy favorables para la coloración y aromas de las bayas. Su intervalo va desde valores $>12^{\circ}\text{C}$ y $\leq 14^{\circ}\text{C}$.

En climas con noches muy frías las condiciones de temperaturas nocturnas son bajas y su efecto es positivo, pero depende de un índice heliotérmico capaz de asegurar un buen nivel de maduración de las uvas para una variedad dada. Aquí se pueden encontrar que las uvas tienen un alto potencial de color y aromas, siempre que las condiciones de maduración fueran aseguradas, en las regiones con producción de vinos blancos de calidad se encuentran en presencia de este tipo de clima. Su intervalo es $\leq 12^{\circ}\text{C}$.

c) Índice de Sequía.

En climas húmedos existe una ausencia de sequía, con un nivel de disponibilidad hídrica elevada y a su vez excesiva en relación a la calidad. Normalmente una buena maduración ocurre en años con baja humedad. Su intervalo es $> 150\text{mm}$

En climas sub-húmedos, también con ausencia de sequía, este intervalo de 50mm es el intermedio entre ambos climas y además, un valor crítico revelando un balance hídrico limitante bajo condiciones de sequía estivales frecuentes, siendo un buen punto de cambio con respecto a la disponibilidad hídrica del suelo caracterizando así una zona con presencia o bien ausencia de sequía frecuente. Su intervalo va desde $> 50\text{mm}$ y $\leq 150\text{mm}$.

En climas moderadamente secos indican una sequía moderada, en este caso las viñas pueden presentar un cierto nivel de sequía, generalmente resulta favorable para la maduración, en ciertos casos es necesario el riego, un IS menor a 50 indica un clima mediterráneo con déficit hídrico en verano. Su clima va desde $> -100\text{mm}$ y $\leq 50\text{mm}$.

En climas con sequía muy fuerte se pueden presentar efectos de estrés frecuente y el riego se transforma recurrente, con niveles inferiores a -200mm se habla de regiones con un déficit hídrico elevado, el riego resulta obligatorio, además, presenta niveles de estrés severos si no se maneja un buen riego. Su intervalo es $\leq -100\text{mm}$.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de ubicación de viñas en Biobío y Ñuble.

En la figura 6 se puede observar la cartografía con la distribución espacial de los viñedos para las regiones del Biobío y Ñuble. En color verde se encuentran las comunas con viñas y los puntos plomos son la ubicación de las viñas en base a las coordenadas otorgada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). Las zonas de cultivo se encuentran principalmente en los valles del Itata y Biobío, siendo la región de Ñuble con mayor cantidad de viñas.



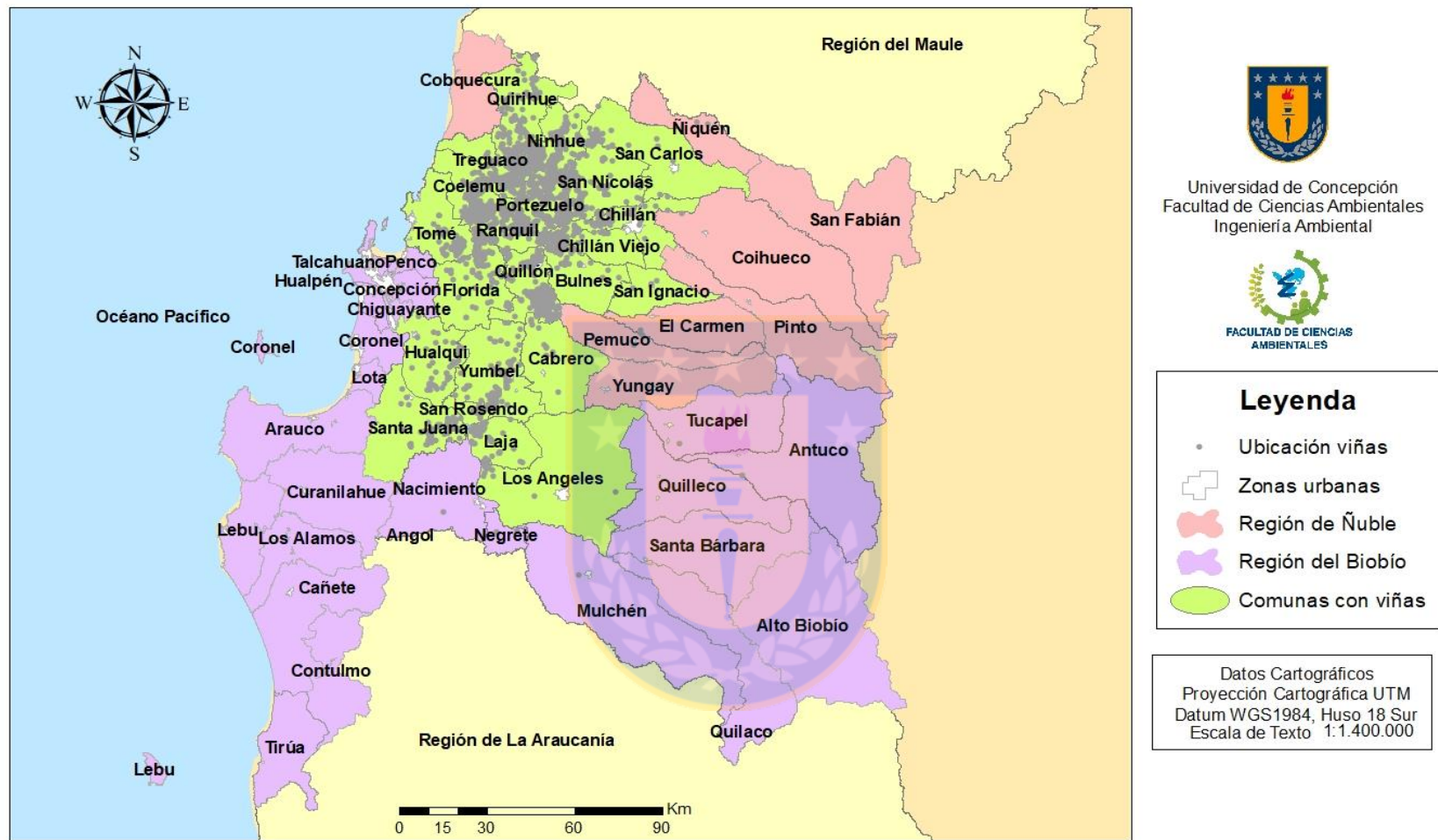


Figura 6: Ubicación de viñedos dentro de las regiones de Biobío y Ñuble.

Fuente: Elaboración propia a partir de información otorgada por ley de transparencia del SAG e INDAP.

En la figura 7, se observa el número de viñas por comuna, en color verde se visualizan las 4 primeras comunas con mayor plantación de viñas las cuales son Quillón, Ranquíl, Portezuelo y Coelemu, las que comprenden el 47% del total de viñedos para ambas regiones.

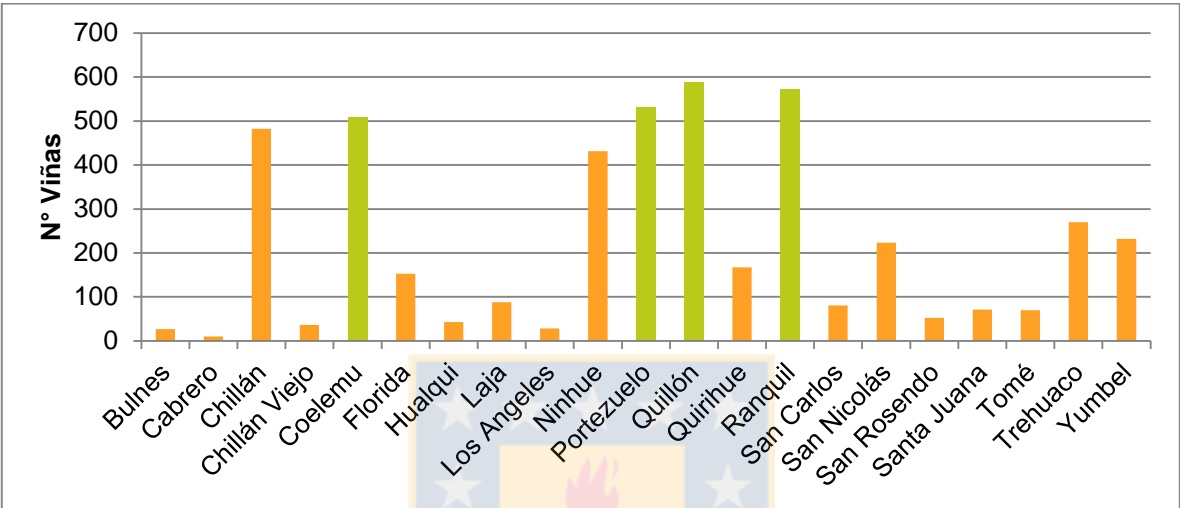


Figura 7: Cantidad de Viñas por comuna.

Las barras verdes significan las 4 comunas con mayor plantación y las barras naranjas el resto de las viñas.

Fuente: Elaboración propia a partir de información otorgada por ley de transparencia del SAG e INDAP.

Existe diferencia entre los predios con plantaciones por comunas obtenidas de la espacialización con respecto a los catastros vitícolas realizados por el SAG, en 2016 y 2017, esto es al comparar con lo presentado en antecedentes Figura 4, donde sus valores son mayores a los obtenidos. No obstante, existe coincidencia con las comunas de Quillón, Portezuelo Ranquíl y Coelemu con mayor plantación de vides, sin embargo, existe una diferencia con respecto a Ninhue ya que en primer lugar se encuentra Quillón, en segundo lugar Ninhue, luego Portezuelo, posteriormente Coelemu y Ranquíl como las comunas con mayor cantidad de vides plantadas según el último catastro vitícola correspondiente al año 2017. Esta diferencia se puede deber a que se filtró alrededor de 2616 datos ya que no

contaban con las coordenadas de ubicación exactas, otras no tenían información o bien existía repetición de coordenadas. Además, al fusionar la información entregada por el SAG e INDAP se esperó que existiera una gran repetición de los datos lo cual no resultó ser así, siendo 86 las coordenadas repetidas.

Esta diferencia se puede deber a que no coinciden los años de estudio comparados. En el caso de INDAP la información corresponde a un diagnóstico realizado entre los años 2013 y 2014. Sin embargo, para el SAG se desconoce los años en los que se recabó la información. En este caso se asume que la información corresponde a los últimos años ya que fue solicitada mediante ley de transparencia.

4.2 Estimación índices bioclimáticos para las regiones de Biobío y Ñuble.

4.2.1 Selección método de interpolación datos meteorológicos

A continuación se detalla la selección de los métodos interpolados para cada una de las variables meteorológicas en base a su porcentaje de error obtenido de la validación cruzada.

Tabla 3: Porcentaje de error en base al método de interpolación según variable meteorológica.

Variable	Método Interpolado	% Error
Precipitación	IDW	16,4
	Kriging	15,3
	Co-kriging	18,8
Evapotranspiración	IDW	8,3
	Kriging	9,3

Variable	Método Interpolado	% Error
	Co-kriging	7,0
Temperatura máxima	IDW	10,2
	Kriging	9,2
	Co-kriging	13,9
Temperatura media	IDW	5,9
	Kriging	6,1
	Co-kriging	6,2
Temperatura mínima	IDW	18,5
	Kriging	15,4
	Co-kriging	14,0

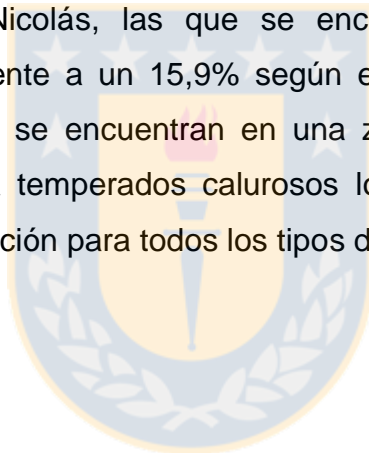
Para la precipitación el método con menor porcentaje de error asociado se encuentra en Kriging con un 15,3% por lo que es con el cual se interpola esta variable meteorológica para todo el periodo de estudio. En el caso de evapotranspiración el método de Co-kriging es el que presenta un menor porcentaje de error con un 7% por lo que es el modo de interpolación que se usó para todo el periodo de estudio. En la temperatura máxima se considera el método de kriging para todo el periodo de estudio con un 9,2% de error. La temperatura media, el menor porcentaje de error lo obtiene el método de kriging con un 6,1%. La temperatura mínima su menor porcentaje de error corresponde al método de co-kriging con 14%.

El método esperado para todas las variables de estudio era co-kriging dado que relaciona el factor orográfico, sin embargo, para efectos del estudio no fue así ya que su porcentaje de error fue mayor a las otras tres variables meteorológica, sin embargo, su variación con respecto al seleccionado para las otras variables fue muy poco como se observa en tabla antes mencionada (Tabla 3).

4.2.2 Obtención índices bioclimáticos.

En la figura 8 se observa la cartografía de la distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo de octubre de 2015 a marzo de 2016. Este índice va desde los intervalos $\leq 1500^{\circ}\text{C}$ hasta los 3000°C , donde $\leq 1500^{\circ}\text{C}$ corresponde a climas muy fríos, $>1500^{\circ}\text{C}-\leq 1800^{\circ}\text{C}$ a climas fríos, $>1800^{\circ}\text{C}-\leq 2100^{\circ}\text{C}$ templados, $>2100^{\circ}\text{C}-\leq 2400^{\circ}\text{C}$ templados calurosos y $>2400^{\circ}\text{C}-\leq 3000^{\circ}\text{C}$ clima caluroso.

Como se puede observar la zona norte de la región de Ñuble presenta un clima caluroso donde su intervalo va desde los $>2400^{\circ}\text{C}$ y $\leq 3000^{\circ}\text{C}$, en estas zonas se encuentran viñas correspondientes a las comunas de Quirihue, Ninhue, San Carlos y parte de San Nicolás, las que se encontrarían en una zona no recomendada, correspondiente a un 15,9% según este índice. Sin embargo, la mayor proporción de viñas se encuentran en una zona recomendada pues se ubican entre climas fríos a templados calurosos los cuales son idóneos para alcanzar una buena maduración para todos los tipos de cepas.



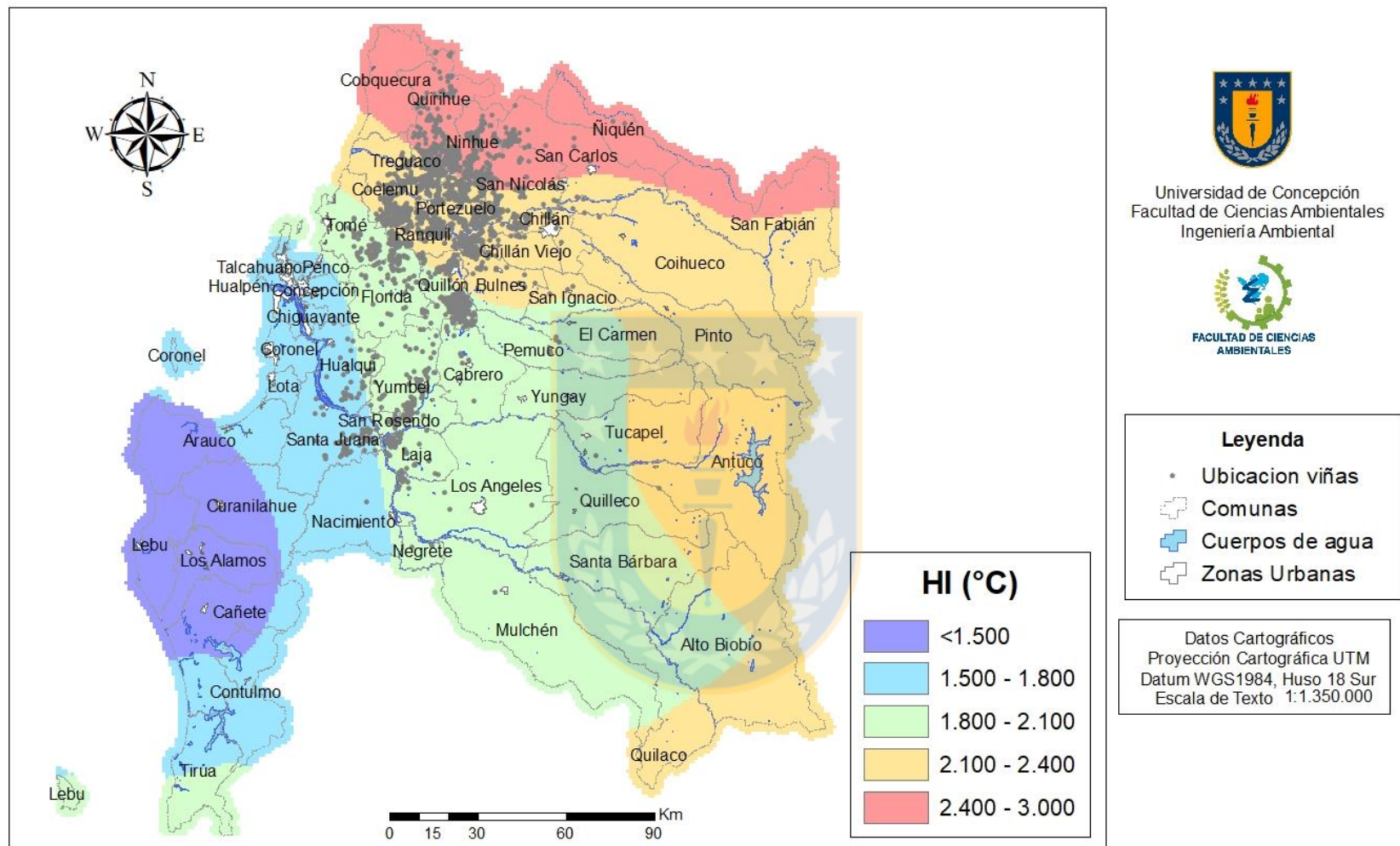


Figura 8: Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo de octubre de 2015 a marzo de 2016.

En la figura 9 se muestra el gráfico de porcentaje de viñas que se encuentran en zonas recomendadas según el índice heliotérmico de Huglin en el periodo de estudio. Como se puede observar en los años de estudio entre 84,1% y el 98,4%, de las plantaciones se encuentran en zonas recomendadas. Para alcanzar climas idóneos, según este índice las viñas deben situarse entre climas fríos y templados calurosos ($>1500^{\circ}\text{C}$ - $\leq 2400^{\circ}\text{C}$). Dentro de estos intervalos es posible la producción de cualquier tipo de variedad por lo que se asegura su nivel de maduración. En resumen se puede mencionar que más del 90% de las viñas están bien ubicadas según este índice, exceptuándose en el periodo de octubre del 2015 a marzo del 2016 donde se alcanza un valor cercano al 84%, lo cual resulta a pesar de esta variación una cifra bastante elevada. En Anexo 6 se puede observar las cartografías que muestran la distribución espacial del índice heliotérmico de Huglin, para los distintos periodos de estudio.

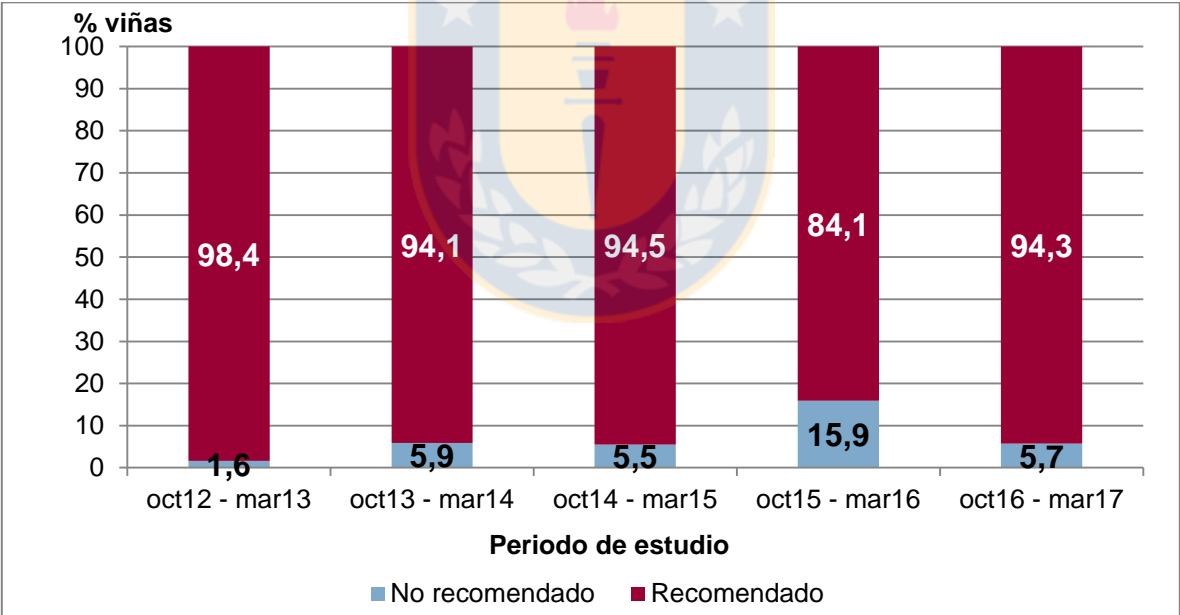


Figura 9: Porcentaje de viñas que se encuentran en zonas recomendadas y no recomendadas según el índice heliotérmico de Huglin, para el periodo de estudio.

En la figura 10 se visualiza la cartografía de la distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo de marzo 2015, donde los valores menor o igual a 12°C, corresponde a noches muy frías. Este resulta ser el valor predominante para las dos regiones donde cerca del 63,4% de las viñas se encuentran bajo este clima. Sin embargo, en la región del Biobío y parte de Ñuble donde se ubican las comunas de Hualqui, Florida, Laja, Santa Juana, Yumbel, San Rosendo, Cabrero, Quillón y Bulnes se aprecian noches frías con temperaturas entre 12°C a 14°C lo que corresponde a un 36,6% del total de las viñas. Según este índice estos valores de temperatura son recomendables para la plantación de vides, siempre y cuando las condiciones heliotérmicas también estén dentro de un intervalo recomendado.



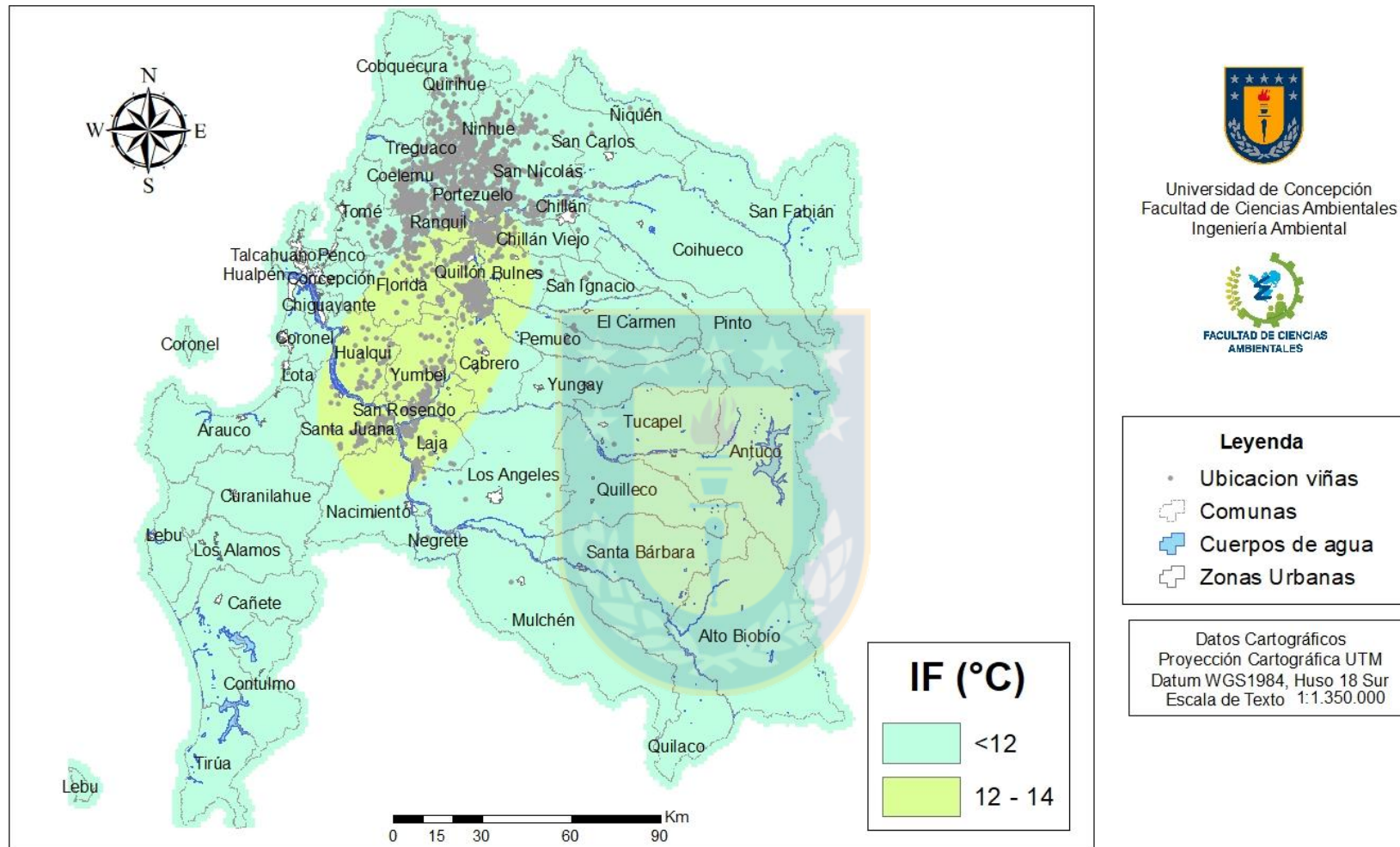


Figura 10: Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo de marzo 2015.

En la figura 11 se puede apreciar el porcentaje de viñas para cada temporada de estudio según el índice frío nocturno. Para los cinco años de estudio la totalidad de viñas se encuentran bajo zonas recomendadas para ambas regiones. Por lo que se pueden garantizar vinos con alto potencial de aroma y color. En Anexo 7 se pueden observar las cartografías de la distribución espacial asociadas a cada periodo de estudio para el índice de frío nocturno.

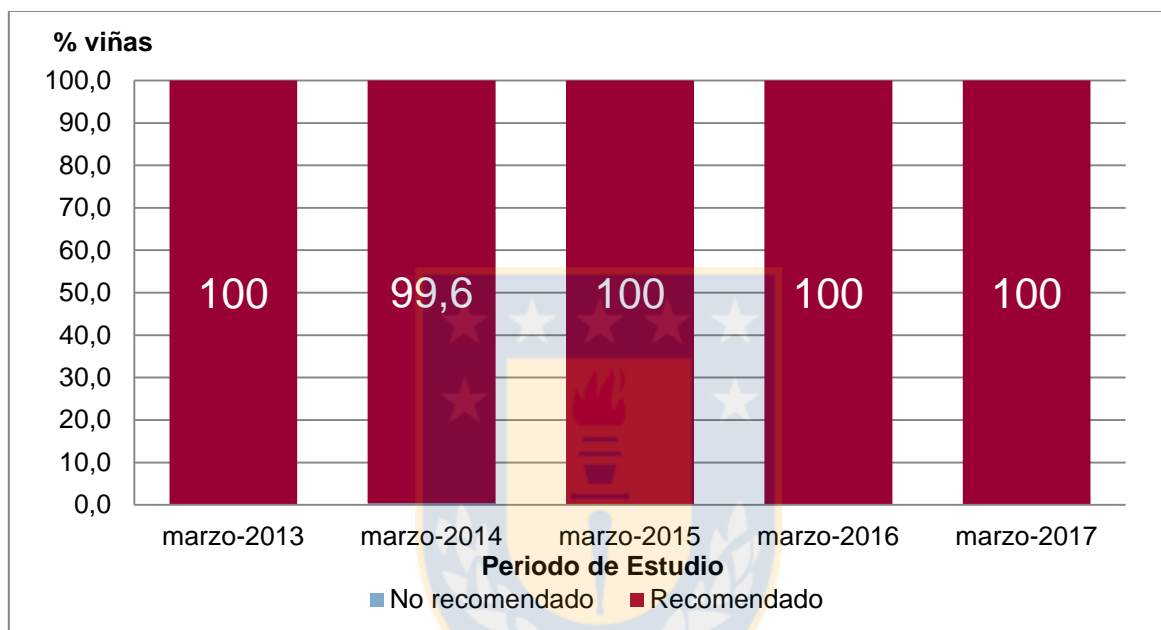


Figura 11: Porcentaje de viñas que se encuentran en zonas recomendadas y no recomendadas según el Índice Frío Nocturno, para el periodo de estudio.

En la figura 12 se observa la cartografía de la distribución espacial para el índice de sequía, para el periodo comprendido desde octubre de 2014 a marzo de 2015. Los valores de -100 mm a 50 mm corresponden a una sequía moderada y ≤ -100 mm una sequía muy fuerte. Como se puede visualizar, todas las viñas de la región de Ñuble y parte de la región del Biobío se encuentran bajo un clima predominante de sequía muy fuerte alcanzando cerca del 98,4% de las viñas en zonas no recomendadas, mientras que solo una parte de las comunas de Santa Juana, Laja y Los Ángeles que corresponden a la región del Biobío sus viñas se encuentran en

una zona con un clima de sequía moderada, que es lo recomendado según este índice.



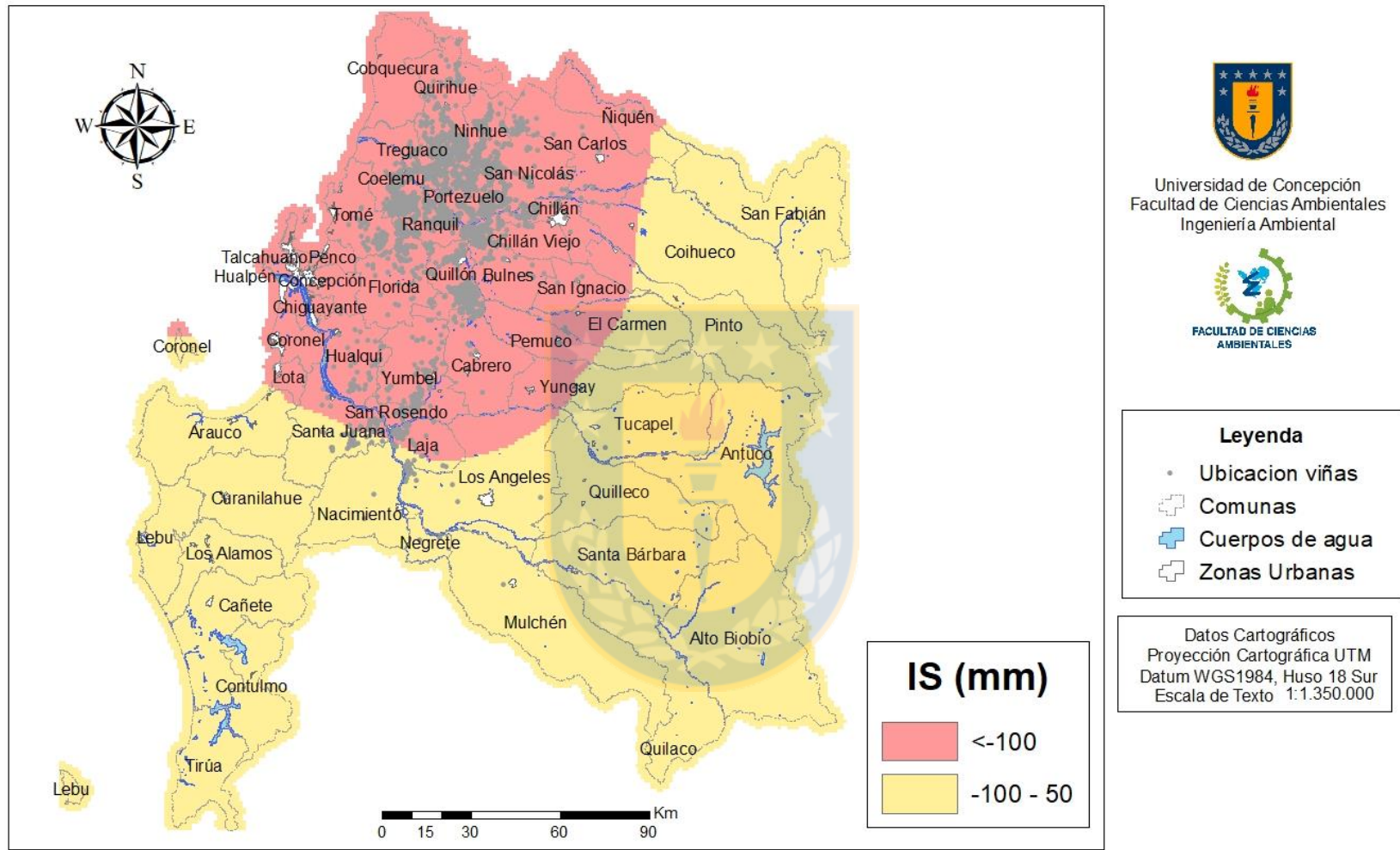


Figura 12: Distribución espacial de las viñas según el Índice de sequía, periodo octubre 2014 a marzo 2015.

En la figura 13 se puede observar el índice de sequía para todo el periodo de estudio. Este índice varía mucho con respecto a los anteriores en cuanto al porcentaje de propiedades donde se encuentran las viñas bien ubicadas. El primer periodo de estudio (2012-2013) alcanza el 100% por lo que todas las plantaciones según este índice se encuentran en una zona recomendada, mientras que los años que siguen baja considerablemente siendo el periodo entre octubre del 2014 a marzo del 2015 el más crítico.

Desde octubre 2013 a marzo del 2017 la mayor parte de las propiedades se encuentran en lugares no recomendados, que de acuerdo a las cartografías presentadas en el Anexo 8 el índice se encuentra en un clima seco de sequía muy fuerte, alcanzando niveles inferiores a los -100 mm. Es decir las viñas se encontrarían sometidas a un estrés frecuente resultando el riego una práctica necesaria y recurrente.

Al observar la base de datos de las precipitaciones (ver Anexo 5) se verifica que en estos periodos las precipitaciones disminuyeron en comparación al periodo octubre 2012 a marzo 2013. En especial entre diciembre y febrero donde no se registraron precipitaciones en algunas estaciones dentro de ambas regiones, sin embargo, en el último periodo de estudio de octubre de 2016 a marzo de 2017 se registra un leve aumento de estas. En el caso de la evapotranspiración esta varía muy poco con respecto a la variación de las precipitaciones.

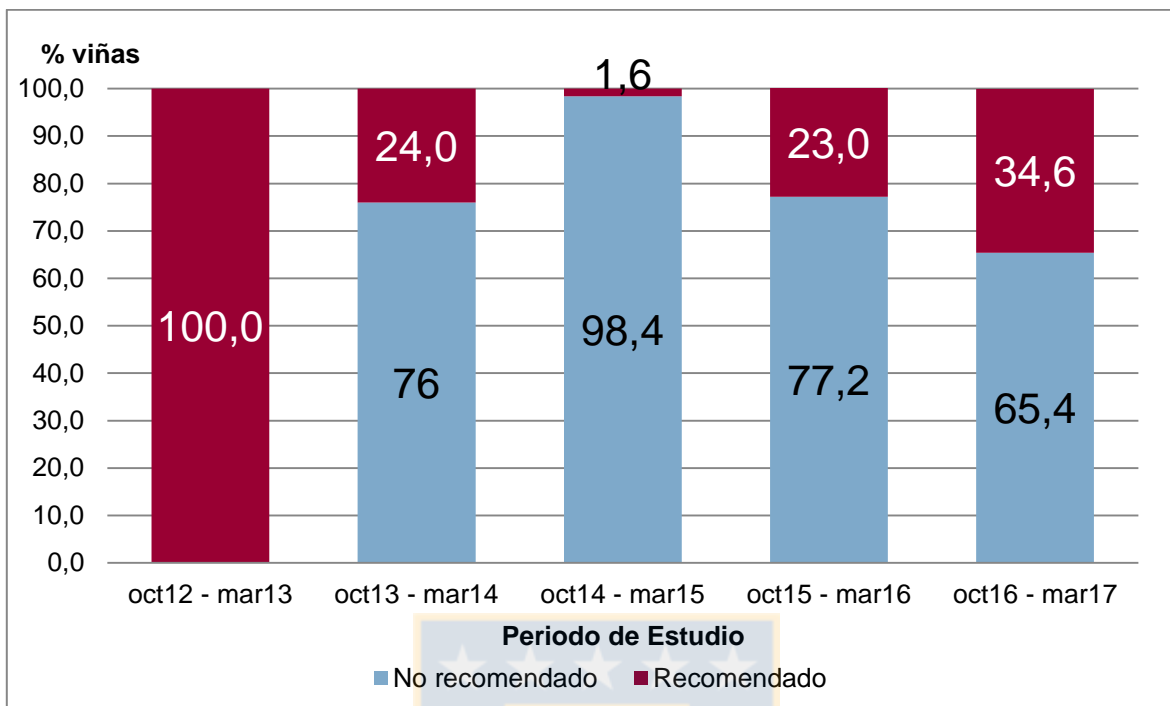


Figura 13: Porcentaje de viñas en zonas recomendadas y no recomendadas según índice de sequía, para el periodo de estudio.

4.3 Análisis de sensibilidad

Se desarrolló un análisis de sensibilidad paramétrica para ver como algunos parámetros pueden afectar los cálculos de los índices bioclimáticos. Específicamente se analizó el efecto sobre el índice de sequía el parámetro de W_0 (reserva hídrica inicial del suelo), pues este parámetro se asume como 200 mm cuando se desconoce, también se aplicó a la evapotranspiración de Penman pues existen varios factores que pueden modificar su valor.

A continuación se presenta el análisis de sensibilidad del efecto sobre el índice de sequía de los parámetros reserva hídrica y evapotranspiración.

En la figura 14 se presenta el análisis de sensibilidad paramétrica de la reserva hídrica inicial del suelo (W_0) sobre el índice de sequía, con una variación de -60% y 60%. Como se puede observar al variar W_0 el índice de sequía podría variar

entre -220% hasta 220%. En la Figura 14 se destaca una respuesta lineal por lo que al tener un error de 1% este varía el índice de sequía en un 3,6%, por lo que una variación de un 25% en la reserva hídrica podría variar un 90% el índice de sequía.

Es por ello que se puede mencionar que el índice de sequía, resulta sensible a la variación del parámetro reserva hídrica inicial tanto al aumento como a la disminución. Por su parte, dado que por no contar con el valor real de la reserva hídrica inicial este estudio asumió el valor recomendado de 200 mm para el cálculo del índice de sequía, es así como al conocer el valor de este parámetro podría existir una variación en los resultados presentados en esta investigación.

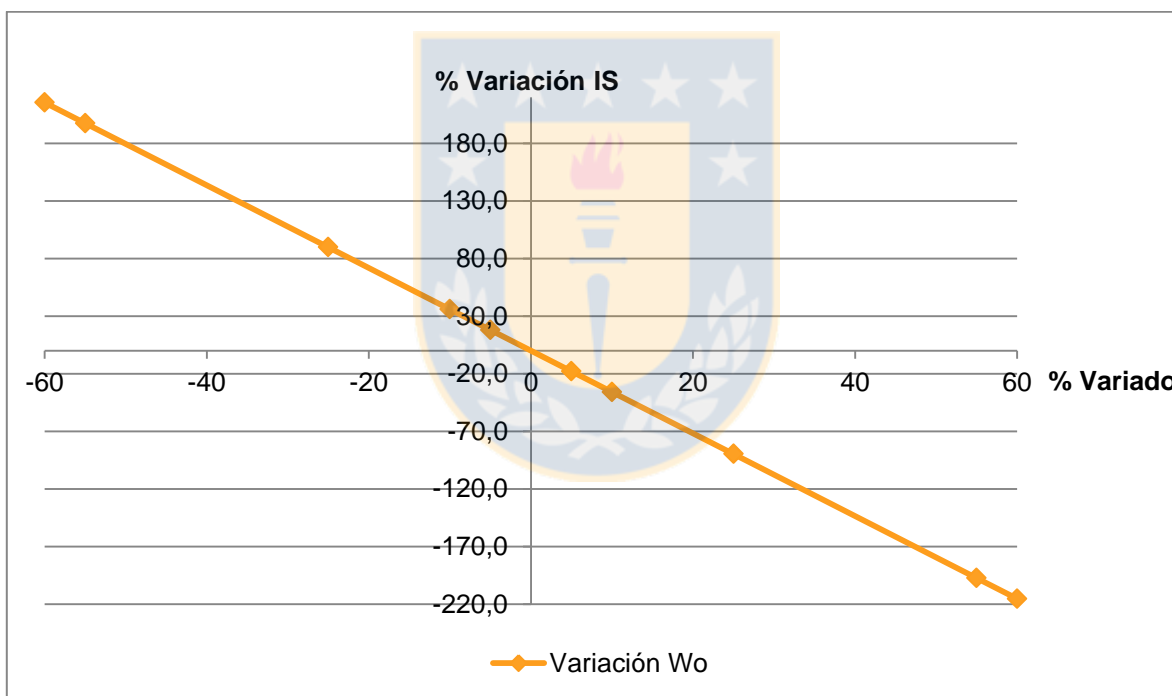


Figura 14: Análisis de sensibilidad índice de sequía variando la reserva hídrica inicial del suelo utilizable por las raíces.

La figura 15 presenta el análisis de sensibilidad para el índice de sequía modificando el parámetro de la evapotranspiración. En este se observa que tanto al aumentar como disminuir en un 60% este parámetro podría modificar hasta en

un $\pm 500\%$ aproximadamente el índice de sequía. Según los valores presentados en la figura 15 la evapotranspiración presenta una respuesta lineal al variar este parámetro en un 1% varía el índice en un 7,6%, por lo que al modificar un 25% el parámetro evapotranspiración el índice de sequía varia en cerca del 190%, no obstante, se puede decir que el índice de sequía es muy sensible al parámetro evapotranspiración.

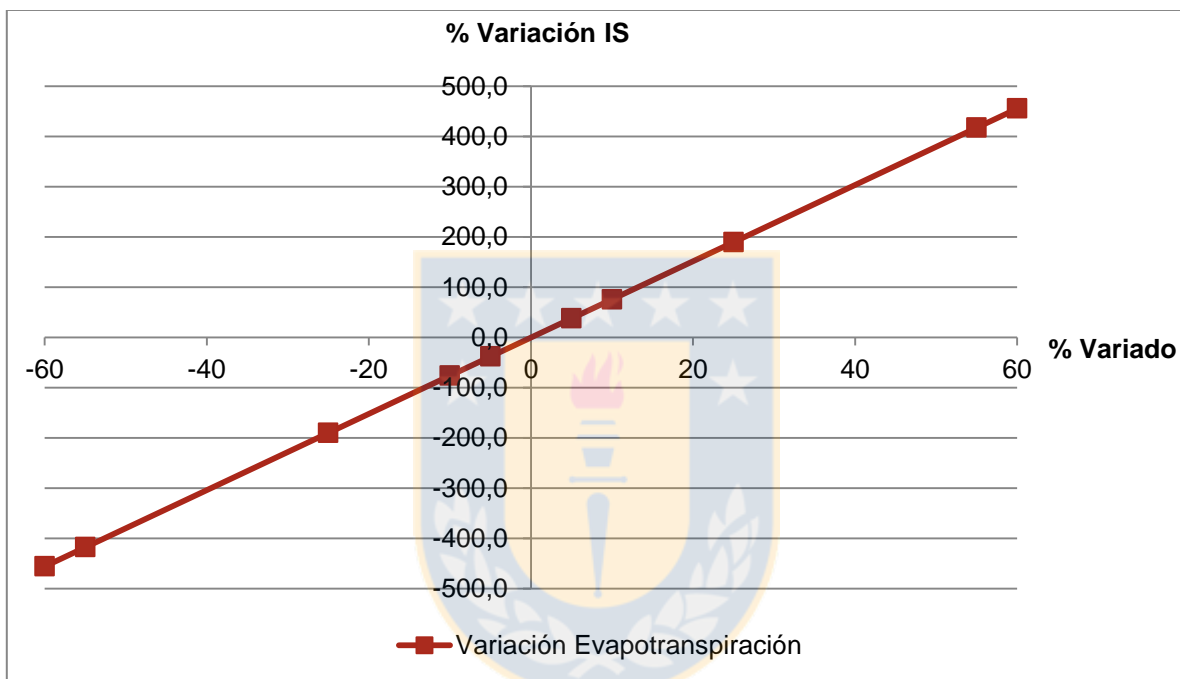


Figura 15: Análisis de sensibilidad índice de sequía variando la evapotranspiración.

Al hacer una comparación de ambos análisis de sensibilidad se tiene que el índice de sequía es más sensible a la evapotranspiración, ya que modifica casi un 47% más que la reserva hídrica inicial del suelo, por lo que resulta ser un parámetro muy importante dentro de la ecuación. Cabe destacar que no se realizó el análisis de sensibilidad paramétrica a los otros índices calculados ya que en sus ecuaciones no se consideran supuestos ni condiciones que podrían alterar sus resultados.

4.4 Análisis de la ubicación de viñedos en base índices bioclimáticos.

En la figura 16 se tiene un análisis conjunto de los tres índices estudiados con la finalidad de poder identificar la cantidad de propiedades que cuentan con viñas bien ubicadas.

Para el primer periodo (2012-2013) de estudio los tres índices alcanzan casi la totalidad de viñas ubicadas en zonas recomendadas, en el periodo 2013-2014 el índice heliotérmico de Huglin y el índice de frío nocturno se mantienen casi todas la viñas bajo una buena ubicación, distinto el caso del índice de sequía donde este disminuye considerablemente con respecto a los otros dos. Los periodos siguientes (2014-2017) el índice de frío nocturno mantiene su nivel mientras que el índice heliotérmico disminuye levemente alcanzando las 4000 viñas en zonas recomendadas para el periodo 2015 - 2016 existiendo un aumento para el final del periodo, no es el mismo caso para el índice de sequía en el cual se puede ver una disminución considerable en cuanto a viñas en zonas recomendadas, existiendo un pequeño aumento al final del periodo.

Al considerar sólo los dos primeros índices correspondientes a índice heliotérmico de Huglin e índice de frío nocturno se tiene que para este último se debían asegurar las condiciones heliotérmicas dado que se encontró durante todo el periodo de estudio gran parte de las viñas en zonas con noches muy frías. Al visualizar la figura 16 se tiene que gran un número de viñas se encuentran en zonas recomendadas, por lo que las condiciones heliotérmicas se encuentran aseguradas y con ello se pueden alcanzar buenos niveles de maduración de una gran variedad especies y a su vez se logran altos niveles de color y aroma por lo que se pueden generar vinos de alta calidad. Cabe destacar que según lo presentado en antecedentes, tablas 1 y 2, se cumplen las condiciones recomendadas de días cálidos y noches frías. Al evaluar los tres índices, el índice de sequía resulta ser el factor limitante para el periodo de estudio.

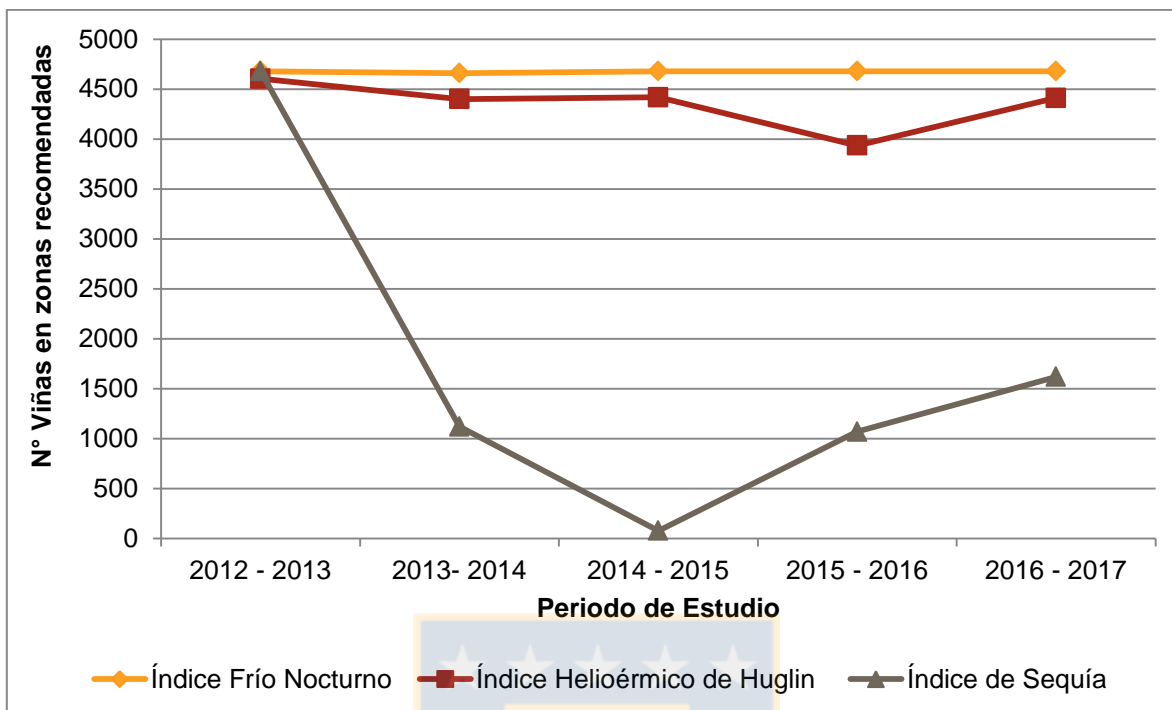


Figura 16: Análisis ubicación en base al número de viñas en zonas recomendadas por índice climático.

En base a que el índice de sequía es el principal limitante y evaluando los tres índices, donde solo se consideran aquellas zonas recomendadas, se puede visualizar en la figura 17 que para el primer periodo de estudio (2012-2013) se registra un total de 4604 propiedades con viñas bien ubicadas. El periodo siguiente entre el 2013 – 2014 se desciende a un total de 1121 propiedades bien ubicadas, mientras que para el año 2014 – 2015 se alcanza sólo un total de 77, siendo este uno de los periodos más críticos. Entre el 2015 – 2016 las cantidades aumentan a 1069 mientras que en el último periodo aumenta a 1619, siendo así entre 2013 a 2017 los periodos con menos cantidad de viñas bien ubicadas en base al análisis de los tres índices estudiados. Esto indica que en base a estos periodos de estudio es necesario considerar el riego como una medida necesaria para mantener los cultivos vitivinícolas, además, según lo presentado en antecedentes este último factor puede permitir regular el crecimiento y maduración

de la baya. Sin embargo, no debe haber un exceso de riego ya que puede afectar la calidad de los vinos.

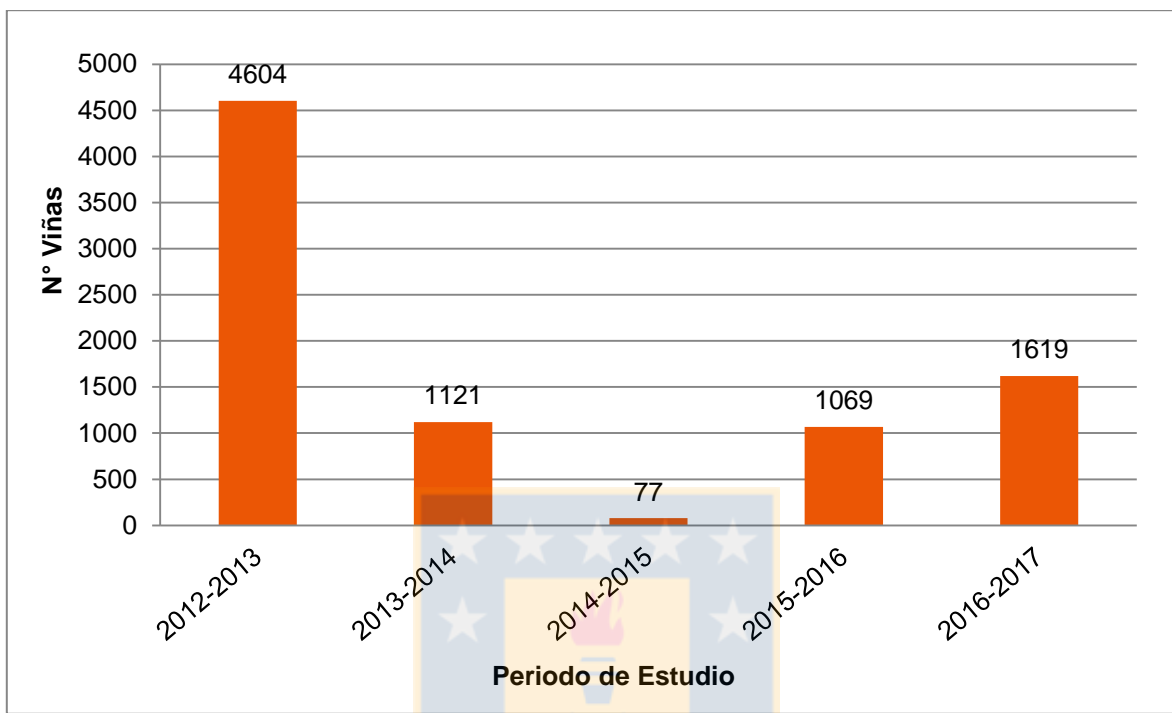


Figura 17: Análisis de viñas bien ubicadas en base a índices bioclimáticos.

5 CONCLUSIÓN

De lo presentado en este informe se puede concluir que:

- La mayor proporción de viñas plantadas se encuentran ubicadas en la región de Ñuble con un 84%, específicamente en las comunas de Quillón, Ranquil, Portezuelo y Coelemu las cuales alcanzan el 46% del total de viñas para ambas regiones.
- En cuanto a los índices climáticos se tiene que el índice de frío nocturno resultó que todas las viñas se encontraban en zonas recomendables para todo el periodo de estudio en ambas regiones por lo que no resulta ser un factor limitante, cabe, además, destacar que el clima presente en la zona de estudio es de noches muy frías a frías.
- El índice heliotérmico de Huglin si bien en el primer periodo de estudio resultó ser el índice que limitó la cantidad de propiedades bien ubicadas a un 98%, para ambas regiones en los periodos siguientes las viñas se encontraron en zonas recomendadas alcanzando hasta el 84%, se debe considerar, además, que el clima presente dentro de la zona de estudio está dado entre frío a caluroso. Este a su vez en los cinco años de estudio ha ido disminuyendo de forma gradual, por lo que se puede estimar que la zona está comenzando a aumentar sus condiciones heliotérmicas.
- Al considerar el índice de frío nocturno y el índice heliotérmico de Huglin se pueden inferir que las regiones estudiadas son zonas idóneas para el cultivo de vides dado que se puede alcanzar la maduración deseada y con ello un alto potencial de aromas y color generando vinos de calidad.
- El índice de sequía si bien alcanzó la totalidad de las viñas bajo zonas recomendadas en el primer periodo de estudio, este no siguió la misma tendencia de los años posteriores llegando a registrarse sólo el 1,6% de viñas bien ubicadas. Resultando ser el índice limitante para poder considerar los predios con buena ubicación ya que su intervalo en la zona

estudiada iba desde sub-húmedo a sequía muy fuerte, predominando la sequía muy fuerte donde se encontraban las viñas.

- Al realizar el análisis de sensibilidad se puede inferir que la evapotranspiración es el parámetro más sensible ya que alcanza una variación de un 7,6% el índice de sequía al tener un 1% de error. A la vez es el parámetro con menos disponibilidad de datos.
- Finalmente la región de Ñuble cuenta con la zona más crítica en comparación a la región del Biobío en base a los índices climáticos, siendo el índice de sequía un factor importante a considerar, ya que si bien sus condiciones nicotérmicas y heliotérmicas son buenas, el riego se vuelve recurrente y necesario. Cabe destacar, además, que para ambas regiones las zonas donde se encuentran ubicadas las propiedades con plantaciones vitivinícolas es necesario la implementación de nuevas tecnologías de riego para poder mantener una producción de vinos de calidad.
- Considerando el estudio de los tres índices climáticos las comunas que se ubican bajo una zona recomendada y con mayor potencial vitivinícola en base a los cinco años de estudio se encontraría en parte de las comunas de Laja, Santa Juana, Nacimiento, Los Ángeles, Mulchén, Coihueco, El Carmen, Tucapel, Quilleco y Santa Barbara.

Recomendaciones:

- Dado que el clima está cambiando sería interesante el poder replicar este estudio en base a proyecciones futuras con la finalidad de identificar zonas con potencial vitivinícola y, además, saber si podrían seguir en los mismos lugares las viñas o bien habría que potenciar otras zonas dentro de las regiones estudiadas.
- Hacer estudios similares en otras regiones con la finalidad de saber cómo es su comportamiento climático en cuanto a las viñas, si aquellas regiones

donde se están comenzando a potenciar se encuentran bien ubicadas en base a su clima y con ello poder tomar medidas al respecto de tener algún factor crítico que se pueda controlar, como por ejemplo el riego, además, de encontrar otras zonas que tengan potencial vitivinícola.

- Uno de los inconvenientes presentados fue que los propietarios de viñas no transparentar a tiempo su información en el SAG, para contar con ésta actualizada. Cabe destacar que los catastros vitivinícolas se encuentran desfasados en cuanto a publicación y fecha de recopilación.
- Es importante contar con una base de datos más robusta para realizar estos estudios, para ello los propietarios que cuentan con estaciones meteorológicas o bien instrumentos que permiten medir estos factores de forma particular en sus predios deberían compartir sus bases de información de forma pública.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aruani A. (2010). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de uvas y vinos del mundo. Instituto Nacional de Vitivinicultura, Departamento de Estudios Enológicos y Sensoriales. Revista Enología Año VII. 10 págs.

Agromet. (2012). Red Agrometeorológica del INIA. Ministerio de Agricultura. Recuperado de: <http://agromet.inia.cl/estaciones.php> [24/04/2018]

Anderson J., Jones G., Tait A., Hall A., Trought M. (2012). Analysis of viticulture region climate structure and suitability in New Zealand. Vigne et Vin Publications Internationales. Volumen 46 (N°3). 17 págs.

Andrades M., González M. (1995). Influencia climática en la maduración de la uva: Estudio de cultivares de La Rioja y de Madrid. ZUBÍA Monográfico. Volumen 7. 24 págs.

Aranguren M., Pérez J., Pérez Y. (2015). Determinación de los índices bioclimáticos y tipo de clima para la vid en las condiciones de Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Centro Agrícola. Volumen 42 (N° 4). 9 págs.

Armas C., (2014). Viticultura y el cambio climático. Trabajo de Grado, Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de la Rioja, Logroño, España.

BCN, (2018). Biblioteca de Congreso Nacional. Recuperado de: <https://www.bcn.cl>

DGA. Dirección general de Aguas. Ministerio de Obras Públicas. Recuperado de: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes> [27/04/2018]

Esri. (2016). Environmental Systems Research Institute. Recuperado de: <https://www.esri.com/es-es/home> [10/10/2018]

Explorador Climático. (2016-2019) Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia (CR)². Implementado por METEO DATA. Recuperado de: <http://explorador.cr2.cl/> [27/04/2018]

Fernández, M. (2011). Estudio fenológico y aerobiológico en un viñedo en la Comarca del Ribeiro. Tesis Doctoral, Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo. Universidad de Vigo, Ourense, España.

Fondo Vitivinícola Mendosa. (2009). La cultura de la vid y el vino. La cultura hace escuela. José Luis Lanzarini y Juan Mangione. 1ª Edición. Fondo Vitivinícola de Mendosa. Capítulo 4: La vid. 193 págs.

Fraga H., Malheiro A., Moutinho-Pereira J., Santos J. (2013). An overview of climate change impacts on European viticulture. Review. Food and Energy Security. 17 págs.

Gallina, M., Rodríguez, A., Muñoz, A. (2016) Índices Bioclimáticos para la Vid en Contralmirante Guerrico, Río Negro. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Patagonia Norte. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Boletín de Divulgación Técnica N°51. 13 págs.

Hidalgo, L. (1980). Caracterización Microfísica del Ecosistema Medio-Plata en los Viñedos Españoles. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Departamento de Viticultura y Enología, España. Pág. 21 y 51.

Honorio, F. (2016). Caracterización y zonificación vitícola de España mediante análisis multivariante de variables bioclimáticas. Tesis doctoral, Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal, Universidad de Extremadura, Badajoz.

INIA. (2004). Frutales: Especies con Potencial en el Secano Interior. Boletín INIA N°120. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Centro Regional de

Investigación Quilamapu. Centro Regional de Investigación Raihuén. Capítulo 3. Vid (*Vitis vinifera L.*) pág.51.

Jackson R. (2008). Wine Science. Principles and Application. Third edition. Elsevier Inc. All rights reserved. Capítulo 5: Site Selection and Climate. Pág 239 a 269.

Jones G. (2008). Cambio climático: observaciones, pronósticos e implicaciones generales en viticultura y producción vinícola. ACE: Revista de Enología. N°93. Págs. 19.

Marchant, R. (2010). Análisis de escenarios de cambio climático en las regiones productoras de vino en Chile. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago.

MINAGRI. (2010). El cambio climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile. Fundación para la Innovación agraria. Registro de Propiedad Intelectual N° 190.022.

Mira de Orduña, R. (2010) Climate change associated effects on grape and wine quality and production. Food Research International. Volumen 43. 12 págs.

MMA. (2015). Plan de adaptación al cambio climático. Departamento de Cambio Climático del Ministerio de Medio ambiente, en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático.

Montes C., Peña A., Tonietto J., Sotés V., Gómez-Miguel V. (2012). Clima, Zonificación y Tipicidad del Vino en Regiones Vitivinícolas Iberoamericanas. El Clima Vitícola de las Regiones Productoras de Uvas para Vino de Chile. Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. 1ª Edición. Págs. 147 a 179.

Müller K. (2004). Chile vitivinícola en pocas palabras. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Agroindustria y Enología Universidad de Chile. Revista de enología. N° 52. 8 págs.

ODEPA. (2013). Estudio: "Cambio climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequías". Informe Final. Estudio encargado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura.

ODEPA. (2019). Boletín del vino: producción, precios y comercio exterior. Avance a enero de 2019. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

OIV. (2018). OIV Statistical report on world vitiviniculture. International Organisation of Vine and Wine. Intergovernmental Organisation.

Picornell M., Melero J. (2012). Historia de cultivo de la vid y el vino; su expresión en la Biblia. Ensayos, Revista de la Facultad de Educación de Albacete, N° 27. 30 págs.

RAE. (2018). Diccionario de la lengua española, edición de tricentenario. Asociación de academias de la lengua española.

Riou C. (1994). Le Determinisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage de la tener en sucre dans la communaute eupopeenne. Institut National de la Recherche Agronomique. Bordeaux, France.

Romero J., Jara C. (2015). El vino como alimento y sus beneficios para la salud. Nutrición y Vida. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile. Recuperado de: <http://nutricionyvida.cl/el-vino-como-alimento-y-sus-beneficios-para-la-salud/> [15/11/2018]

SAG. (2018). Catastro Vitícola Nacional 2016. División de protección Agrícola y Forestal. Subdepartamento de viñas, vinos y bebidas alcohólicas.

SAG (2018). Informe Ejecutivo. Producción de Vinos 2018. División Protección Agrícola y Forestal. Subdepartamento de Viñas, Vino y Bebidas Alcohólicas. Departamento de Regulación y Control de Insumos y Productos Silvoagrícolas.

SAG. (2019). Catastro Vitícola Nacional 2017. División de protección Agrícola y Forestal. Subdepartamento de viñas, vinos y bebidas alcohólicas.

Shkarupilo L., Aleixandre-Tudó J., Aleixandre J. (2017). Soil Structure as a Key Factor in the Vine Growing Improvement. International Journal of Research in Agriculture and Forestry. Volume 4. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universitat Politècnica de València (Spain). 12 págs.

Sotés V. (2004). Comportamiento fisiológico de la vid en climas cálidos y en particular durante el período de maduración de la uva. A Produção de Vinhos em Regiões Tropicais. Workshop Internacional de Pesquisa. 9 págs.

This P., Lacombe T., Thomas M. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. Review. Trends in Genetics Vol.22 No.9. Elsevier Ltd. ScienceDirect. 9 págs.

Tonietto J., Carbonneau A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. Agricultural and Forest Meteorology 124. 17 págs.

Vinetur. (2014) ¿Cuál es el suelo más adecuado para la vid? Morfología del suelo de un viñedo. Vinetur, la revista digital del vino. Recuperado de: <https://www.vinetur.com/posts/1841-cual-es-el-suelo-mas-adecuado-para-la-vid.html> [10/10/2018]

7. ANEXOS

Anexo 1: Coeficiente de longitud del día (d) para IH

Latitud	d
≤40°00'	1,00
40°01' – 42°00'	1,02
42°01' – 44°00'	1,03
44°01' – 46°00'	1,04
46°01' – 48°00'	1,05
48°01' – 50°00'	1,06

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.

Anexo 2: Período para el cálculo del IS y valores de W.

	Hemisferio		Valor de W
	Norte	Sur	
Momento Inicial	01 de abril	01 de octubre	W = Reserva W_0
Momento Final	30 de septiembre	31 de marzo	W = IS

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.

Anexo 3: Valor de k utilizado para cada mes.

Mes		k
Hemisferio Norte	Hemisferio Sur	
Abril	Octubre	0,1
Mayo	Noviembre	0,3
Junio	Diciembre	0,5
Julio	Enero	0,5
Agosto	Febrero	0,5
Septiembre	Marzo	0,5

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.

Anexo 4: Clase de clima vitícola y sus intervalos para los tres índices (IH,IF, IS)

Índice	Clase de Clima Vitícola	Intervalo
Índice Heliotérmico IH	Muy calurosos	>3000
	Caluroso	>2400 ≤3000
	Temperado caluroso	>2100 ≤2400
	Temperado	>1800 ≤2100
	Frío	>1500 ≤1800
	Muy frío	≤1500
Índice de Frío Nocturno IF	Noches muy frías	≤12
	Noches frías	>12 ≤14
	Noches templadas	>14 ≤18
	Noches cálidas	>18
Índice de Sequía	De sequía fuerte	≤-100

Índice	Clase de Clima Vitícola	Intervalo
IS	De sequía moderada	>-100 ≤50
	Sub-húmedo	>50 ≤150
	Húmedo	>150

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide

Anexo 5: Base de datos estaciones meteorológicas.

1. ubicación estaciones evapotranspiración.

Nombre Estación	X	Y	Z
Cañete	-73,41173542	-37,89207131	36
Cauquenes	-72,28993760	-35,95597397	162
Coronel de Maule	-72,47768878	-36,05909279	172
Lebu	-73,52216700	-37,68254100	194
Los Despachos	-72,37143919	-36,06211462	167
Navidad	-71,93560100	-36,90730100	314
Ninhue	-72,39520300	-36,39810500	91
Portezuelo	-72,36826801	-36,53203766	109
Santa Rosa	-71,91643400	-36,53519500	194
Santa Sofía	-72,35986381	-35,97764359	151

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET.

2. Base de datos estaciones evapotranspiración periodo octubre 2012 a marzo 2013.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	78,7	100,9	119,3	117,6	92,1	81,8
Cauquenes	78,3	140,7	145,7	179	145,1	119
Coronel de Maule	95,5	147,6	149,2	173,6	141,9	119,7
Lebu	73,1	95,7	105,2	113,8	91,2	82,4
Los Despachos	97,2	139,4	147,4	181,3	141,9	115,2
Navidad	86,8	126,5	120,2	165,4	132,2	118,6
Ninhue	85,9	135,6	135,9	174,5	143,9	130,5

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Portezuelo	99,5	161,4	150,1	206,2	165	150,2
Santa Rosa	82,6	125,2	127,2	154,5	119,6	102,6
Santa Sofía	89,1	136,8	139,7	165,3	131,5	105,6

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET.

3. Base de datos estaciones evapotranspiración periodo octubre 2013 a marzo 2014.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	71,9	95,9	122,6	122	93,8	72,7
Cauquenes	104	141,7	191,3	189	142,7	116,3
Coronel de Maule	108,9	144,6	189,8	199,9	144,4	110,8
Lebu	68,3	87,2	120,1	122,8	94,3	78,7
Los Despachos	115	151,9	205,8	202,7	154,2	125,3
Navidad	98,8	119,2	153,9	164,6	126,5	106,4
Ninhue	101,5	137,7	195,7	199,8	153,3	130,4
Portezuelo	105,4	154,1	223,3	222,2	168,5	142,5
Santa Rosa	99,4	133,9	180,3	183,2	132,6	110,5
Santa Sofía	96,7	130	178,9	175,4	123,7	105,1

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET.

4. Base de datos estaciones evapotranspiración periodo octubre 2014 a marzo 2015.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	83,2	98,9	115,6	123,8	91,7	78,7
Cauquenes	108,5	140,6	161,8	193	146,6	122,2
Coronel de Maule	118,4	154,7	176	216,2	166,1	143,6
Lebu	82,6	89,3	113,5	120,3	102,8	98,8
Los Despachos	118,3	150,1	172,8	205,4	157,3	134,4
Navidad	97,3	119,8	140	173,8	138,2	120,5
Ninhue	111	148,4	173,8	215,1	167	148
Portezuelo	116,9	154	186	233,1	168,9	133,5
Santa Rosa	102,4	127	147,9	177,1	127,9	118,8

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Santa Sofía	106,6	135,2	148,7	175,8	145,7	125,9

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET.

5. Base de datos estaciones evapotranspiración periodo octubre 2015 a marzo 2016.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	81,3	90,2	121,9	114,8	100,1	72,4
Cauquenes	99,3	143,9	160,4	197,5	139,5	106,6
Coronel de Maule	104,4	152,2	160,2	219	145,8	112,6
Lebu	78,1	83,5	117,3	122,6	109,9	84,3
Los Despachos	106,8	149,7	160,9	210	143	112,2
Navidad	78,4	98,9	146,3	146,6	132,3	100,7
Ninhue	89,6	105,6	172,1	164,4	164,2	129,3
Portezuelo	98	136,8	198,6	191,7	192,2	160
Santa Rosa	90,2	120,3	158,4	150,2	141,6	103,9
Santa Sofía	103,3	146,6	162,4	209,5	137	107,3

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET.

6. Base de datos estaciones evapotranspiración periodo octubre 2016 a marzo 2017.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	69,9	95,7	108	124,9	90,4	76
Cauquenes	87,7	126	168,7	158,4	149,2	110,7
Coronel de Maule	93,6	130,3	178,5	160,9	162,6	116,8
Lebu	68,6	91,8	105,1	129,3	96,8	85,6
Los Despachos	92,3	129,3	166,6	160,9	153,8	117
Navidad	83,3	120,7	133,8	173,1	111,3	76,8
Ninhue	99,6	145,6	163,6	216,8	150,4	116,7
Portezuelo	110,2	170,7	181	244,4	170,5	125,3
Santa Rosa	96,1	140,3	153	193,1	122,5	93,7
Santa Sofía	89,4	126,2	171,3	156,2	153,3	112,6

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET.

7. Coordenadas de ubicación estaciones temperaturas mínimas.

Nombre Estación	X	Y	Z
Bernardo O'Higgins	-72,04000000	-36,58720000	151
Cañete	-73,41173542	-37,89207131	36
Carriel Sur Concepción	-73,06220000	-36,77920000	12
Cauquenes	-72,28993760	-35,95597397	162
Coronel de Maule	-72,47768878	-36,05909279	172
Human	-72,24397526	-37,43355687	195
Lebu	-73,52216700	-37,68254100	194
Los Despachos	-72,37143919	-36,06211462	167
Navidad	-71,93560100	-36,90730100	314
Ninhue	-72,39520300	-36,39810500	91
Portezuelo	-72,36826801	-36,53203766	109
Santa Rosa	-71,91643400	-36,53519500	194
Santa Sofía	-72,35986381	-35,97764359	151

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

8. Base de datos estaciones temperaturas mínimas mes de marzo periodo 2013 al 2017.

Nombre Estación	Marzo 2013	Marzo 2014	Marzo 2015	Marzo 2016	Marzo 2017
Bernardo O'Higgins	7,6	9	10,1	8,1	8,6
Cañete	7,8	7,8	8,4	7,7	9
Carriel Sur Concepción	8,7	10,2	10,7	10,5	11,1
Cauquenes	3,7	2,3	4,7	4,8	5,3
Coronel de Maule	3,9	2	3,8	3,8	5,2
Human	7,8	8,4	9,2	9,1	8,8
Lebu	9,3	8,8	10,1	9,3	9,5
Los Despachos	5,4	2,4	5,5	4,2	6,5
Navidad	6,2	6,8	7,8	6,9	7,5
Ninhue	9,8	10,8	11,8	9,5	10,6
Portezuelo	10,3	10,5	11,9	11,3	11,1
Santa Rosa	5,5	6	7,6	6,1	7,2
Santa Sofía	2,3	0,4	3,1	2,3	4,1

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

9. Coordenadas de ubicación estaciones temperaturas medias.

Nombre Estación	X	Y	Z
Cañete	-73,41173542	-37,89207131	36
Carriel Sur Concepción	-73,06220000	-36,77920000	12
Cauquenes	-72,28993760	-35,95597397	162
Coronel de Maule	-72,47768878	-36,05909279	172
Human	-72,24397526	-37,43355687	195
Lebu	-73,52216700	-37,68254100	194
Los Despachos	-72,37143919	-36,06211462	167
Navidad	-71,93560100	-36,90730100	314
Ninhue	-72,39520300	-36,39810500	91
Portezuelo	-72,36826801	-36,53203766	109
Santa Rosa	-71,91643400	-36,53519500	194
Santa Sofía	-72,35986381	-35,97764359	151

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

10. Base de datos estaciones temperaturas medias periodo octubre 2012 a marzo 2013.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	11,5	13	15,1	15,7	16,1	14
Carriel Sur Concepción	11,7	14,1	15,7	16,8	16,8	14,2
Cauquenes	12,8	16,8	17	21,2	20,3	17,7
Coronel de Maule	12,2	16,5	16,4	20,4	19,5	17
Human	11,8	15,1	15,3	20,5	18,7	15,7
Lebu	10	11,7	13,4	14,5	14,9	13,1
Los Despachos	12,8	17,1	17,1	21,4	20,7	18,1
Navidad	11,2	14,7	14,9	19,8	18,5	15,3
Ninhue	12,9	16,9	17,2	21,1	20,6	18,3
Portezuelo	12,8	16,7	16,7	20,7	20,3	17,8
Santa Rosa	11,8	15,3	15,6	19,9	18,5	15,1
Santa Sofía	12,3	16,4	16,5	20,5	19,7	16,5

Fuente: Elaboración a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

11. Base de datos estaciones temperaturas medias periodo octubre 2013 a marzo 2014.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	10,7	11,9	14	15,4	14,8	13
Carriel Sur Concepción	11,7	13,9	15,8	17,6	15,9	14,3
Cauquenes	13,2	16,1	20,4	21,3	19,3	17,2
Coronel de Maule	13	15,6	19,8	20,5	18,5	16,5
Human	12,4	14,4	18,5	18,9	17,5	15,1
Lebu	9,5	10,9	13	14,4	13,7	12,1
Los Despachos	13,6	16,4	20,7	21,4	19,6	17,4
Navidad	12	14,1	18,3	19,1	17,3	15
Ninhue	13,7	16,3	20,6	21,5	19,6	17,5
Portezuelo	13,5	15,9	20	20,7	19,2	16,8
Santa Rosa	12,7	15,2	19,1	19,7	17,8	15,5
Santa Sofía	13,1	15,7	19,9	20,7	18,6	16,4

Fuente: Elaboración a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

12. Base de datos estaciones temperaturas medias periodo octubre 2014 a marzo 2015.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	11,8	12,1	14,1	15,4	14,7	15,1
Carriel Sur Concepción	13,2	13,8	15,8	16,9	16	16,2
Cauquenes	14,2	16,2	18,8	22,2	21,1	19,5
Coronel de Maule	13,9	15,6	18	21,5	20,4	18,9
Human	12,7	13,8	16,5	19,9	18,7	17,5
Lebu	10,7	10,8	12,8	14,2	13,8	14,6
Los Despachos	14,4	16,2	18,8	22,2	21,1	19,6
Navidad	12,4	13,5	16,5	19,9	18,7	17,2
Ninhue	14,5	16,4	19	22,2	21,4	20
Portezuelo	14,3	15,8	18,6	21,8	20,8	19,5
Santa Rosa	13,4	14,8	17,4	20,1	19	17,5
Santa Sofía	14	15,7	18,3	21,4	20,1	18,5

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

13. Base de datos estaciones temperaturas medias periodo octubre 2015 a marzo 2016.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	11,4	12,6	14,4	16,2	15,4	13,4
Carriel Sur Concepción	12,3	13,9	16,1	18,4	17,1	15,2
Cauquenes	12,1	15,5	19	20,8	20,9	18,6
Coronel de Maule	12	15	18,1	20	20	17,8
Human	11,6	14,3	16,9	19,5	18,2	16,7
Lebu	10,2	11,2	13,3	15,6	14,7	12,9
Los Despachos	12,1	15,2	18,6	20,5	20,4	18,4
Navidad	10,9	13,7	16,9	19,5	18,6	16,6
Ninhue	12,7	15,5	18,9	21,2	21	18,8
Portezuelo	12,5	15,3	18,6	21	20,5	18,7
Santa Rosa	12	15,1	17,9	20,1	19,1	16,5
Santa Sofía	12	15	18,1	19,9	19,8	17,3

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

14. Base de datos estaciones temperaturas medias periodo octubre 2016 a marzo 2017.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cañete	11,3	13,6	14,7	16,6	16,5	14,4
Carriel Sur Concepción	12,6	15,1	16,3	18,4	17,2	15,2
Cauquenes	14	17,4	18,7	23,1	21,3	17,7
Coronel de Maule	13,6	16,8	17,8	22,1	20,5	17
Human	12,6	15,5	16,6	19,8	19,3	15,5
Lebu	10,4	12,3	13,5	15,5	15,6	13,6
Los Despachos	13,8	17,1	18,1	22,5	21,1	17,7
Navidad	12	15,2	16,6	20,1	19,3	15,4
Ninhue	14,2	17,5	19	22,8	21,3	17,8
Portezuelo	13,8	17,1	18,4	22,1	21,1	17,4
Santa Rosa	13,1	16,5	17,9	21	19,9	16

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Santa Sofía	13,6	16,8	18	22,4	20,9	17,2

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

15. Coordenadas de ubicación estaciones temperaturas máximas.

Nombre Estación	X	Y	Z
Bernardo O'Higgins	-72,04000000	-36,58720000	151
Cañete	-73,41173542	-37,89207131	36
Carriel Sur Concepción	-73,06220000	-36,77920000	12
Cauquenes	-72,28993760	-35,95597397	162
Coronel de Maule	-72,47768878	-36,05909279	172
Human	-72,24397526	-37,43355687	195
Lebu	-73,52216700	-37,68254100	194
Los Despachos	-72,37143919	-36,06211462	167
Navidad	-71,93560100	-36,90730100	314
Ninhue	-72,39520300	-36,39810500	91
Portezuelo	-72,36826801	-36,53203766	109
Santa Rosa	-71,91643400	-36,53519500	194
Santa Sofía	-72,35986381	-35,97764359	151

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

16. Base de datos estaciones de temperaturas máximas periodo octubre 2012 a marzo 2013.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Bernardo O'Higgins	18,8	24	23,1	29,9	28,8	26,3
Cañete	15,6	17,3	20,2	21,8	20,8	18,8
Carriel Sur Concepción	16,6	19,7	20,9	22	22,9	21,3
Cauquenes	25,4	31,2	30,9	36,5	37,2	35,3
Coronel de Maule	25,1	30,3	30	35,2	35,4	33,8
Human	19,7	22,7	27,9	27,8	26,7	23,2
Lebu	13,4	14,9	18,1	19,1	18,8	16,7

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Los Despachos	25,7	31,3	31,2	36,5	37,3	35,1
Navidad	19	22,4	27,8	28,3	27,1	23,7
Ninhue	21,6	25,3	29,7	30,3	29,1	26,3
Portezuelo	21,2	24,4	29,2	29,6	28,6	25,2
Santa Rosa	21,5	25,5	29,9	30,4	29,4	26,2
Santa Sofía	25,6	30,6	30,2	36,3	36,5	35,3

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

17. Base de datos estaciones temperatura máxima periodo octubre 2013 a marzo 2014.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Bernardo O'Higgins	20,5	24	29,2	29,7	28,6	25,2
Cañete	16,9	17,5	20	21,6	21,4	22,6
Carriel Sur Concepción	17,3	19,4	21,7	24	22,1	20,1
Cauquenes	29,5	34,3	36,8	39,3	34,2	33,8
Coronel de Maule	28,4	33,1	34,6	37,1	33,1	34,1
Human	19,8	21,6	24,8	29,8	28,4	27,1
Lebu	15,2	14,9	17,3	19	19	20,4
Los Despachos	29,9	33,6	36,2	39	35,2	33,8
Navidad	19,9	21,8	25,1	29,9	28,4	27,4
Ninhue	22,5	24,7	27,7	32	31,3	29,7
Portezuelo	21,8	24,1	27,2	31,6	30,5	29
Santa Rosa	21,9	23,9	27	31	29,8	28,9
Santa Sofía	29,9	33,2	36,8	39,4	35	34,4

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

18. Base de datos estaciones temperatura máxima periodo octubre 2014 a marzo 2015.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Bernardo O'Higgins	21,6	23,5	26,7	31,6	30,3	29,1
Cañete	16,9	18	20,3	22,2	22	20,8
Carriel Sur	18,5	19,7	21,6	23,3	22,7	23,5

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Concepción						
Cauquenes	32,2	32,7	35	36,4	35,8	37,2
Coronel de Maule	30,2	31,4	33,4	34,6	35,2	35,3
Human	18	21,5	25	27,9	27,1	26
Lebu	14,5	15,4	17,7	20,7	19,7	18,3
Los Despachos	31,2	32,2	33,6	35,4	35,5	36,2
Navidad	17,1	20,9	25,8	28,7	28,3	27,1
Ninhue	19,3	22,8	27,8	30,3	30,8	29,5
Portezuelo	19	22,7	27,3	29,8	29,7	28,2
Santa Rosa	19,3	23,4	27,7	30,3	30,2	28,5
Santa Sofía	31,2	32,1	34,4	36,4	35,4	35,9

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

19. Base de datos estaciones temperatura máxima periodo octubre 2015 a marzo 2016.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Bernardo O'Higgins	18,6	23	28,1	30,7	30,3	28,7
Cañete	16,6	19	20,4	23,6	23	20,7
Carriel Sur Concepción	17,5	19,2	22	23,9	23,6	21,6
Cauquenes	25,9	34,3	34,2	37,2	37,3	38,2
Coronel de Maule	23,8	32	31,4	34,1	34,4	35,1
Human	19	23,3	24,5	29,1	28,2	23,7
Lebu	14,4	16,6	17,8	20,5	20,8	18,9
Los Despachos	24	33,2	32,6	35,3	35,5	35,9
Navidad	18,8	23,3	25	29,5	28,3	24
Ninhue	21,4	26,6	27,7	32,2	30,5	26,7
Portezuelo	20,8	25,7	26,9	30,9	29,7	25,6
Santa Rosa	21,1	26	27,6	30,9	29,9	25,7
Santa Sofía	24,7	33	33,5	35,6	35,4	36,6

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

20. Base de datos estaciones temperatura máxima periodo octubre 2016 a marzo 2017

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Bernardo O'Higgins	20,7	25,8	27,4	31,5	30,3	25,8
Cañete	16,4	18,6	19,9	21,5	22,1	21,3
Carriel Sur Concepción	17,5	20,8	21,9	25	23,1	20,9
Cauquenes	34,8	38,2	36,7	44,5	38,1	33
Coronel de Maule	32,7	36,4	33,9	41,2	35,7	32,2
Human	18,2	23,4	22,3	30,4	27,6	24,8
Lebu	13,9	15,9	17,1	19,7	19,2	18,1
Los Despachos	33,6	36,3	35,1	42,5	35,8	31,3
Navidad	17,5	23	21,6	29	27,3	24,9
Ninhue	19,5	25,1	24,6	31	29,9	28
Portezuelo	19,5	25	24,2	30,5	29,5	27,1
Santa Rosa	18,9	24,2	23,1	30	28,4	26,2
Santa Sofía	34,2	37	35,5	42,9	36,8	32,1

Fuente: Elaboración a partir de estaciones obtenidas de AGROMET y Explorador Climático.

21. Coordenadas de ubicación estaciones de Precipitaciones.

Nombre Estación	X	Y	Z
Caman	-71,29889	-36,67306	670
Canal de la Luz en Chillan	-72,10028	-36,59667	136
Cancha los Litres	-72,57944	-36,70778	200
Cañete	-73,39139	-37,79833	78
Carampangue	-73,24306	-37,25528	10
Cerro el Padre	-71,86639	-37,77972	346
Chillan Viejo	-72,12667	-36,63194	115
Chillancito	-72,42389	-36,76222	56
Coihueco Embalse	-71,79889	-36,64083	314
Concepción DGA	-73,10000	-36,81833	20

Nombre Estación	X	Y	Z
Curanilahue	-73,33167	-37,48500	146
Dichato	-72,93111	-36,54556	11
Diguillín	-71,64250	-36,86861	670
Embalse Ralco	-71,43444	-38,05083	742
Estero Bellavista en Tomé	-72,95028	-36,63944	7
Estero Hualqui en Desembocadura	-72,94139	-36,98250	30
Estero Nonguén Frente U del Bio-Bío	-73,01639	-36,82028	20
Estero Plegarias Antes de JTA Río Curanilahue	-73,34417	-37,48778	149
Estero Quilque en los Ángeles	-72,32722	-37,45611	144
Fundo Atacalco	-71,58139	-36,91750	740
Las Achiras	-72,36611	-37,36806	144
Las Cruces	-71,76500	-37,11139	467
Las Pataguas	-72,89222	-36,79250	236
Las Trancas	-71,47917	-36,91083	1242
Los Ángeles	-72,40083	-37,50222	129
Mayulermo	-71,88444	-36,81889	371
Millauquén	-72,04000	-36,31833	152
Mulchén	-72,24361	-37,71472	142
Nueva Aldea	-72,45611	-36,65444	32
Pemuco	-72,10083	-36,97639	200
Portezuelo	-72,42833	-36,52750	135
Quilaco	-72,00583	-37,68500	231
Rafael	-72,84889	-36,63639	294
Río Biobío en Desembocadura	-73,06194	-36,83861	16
Río Biobío en Llanquén	-71,29889	-38,20083	767
Río Biobío en Rucalhue	-71,90167	-37,71056	261
Río Chillan en Esperanza 2	-71,66083	-36,80000	586
Río Curanilahue en Curanilahue	-73,33694	-37,46833	149
Río Diguillín en san Lorenzo	-71,57556	-36,92444	727
Río Duqueco en Cerrillos	-72,31194	-37,54222	129
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	-73,39222	-37,81306	48
Río Ñuble en San Fabián N 2	-71,52556	-36,58556	450
San Agustín de Puñal	-72,38444	-36,42139	138

Nombre Estación	X	Y	Z
San Fabián	-71,52472	-36,58361	465
Trupán	-71,82278	-37,26806	474
Tucapel	-71,95194	-37,29361	342

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET, DGA y Explorador Climático.

22. Base de datos estaciones precipitaciones periodo octubre 2012 a marzo 2013.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Camán	106	101	295	3	34	5
Canal de la Luz en Chillán	34,6	71,6	55,2	0,7	19,2	1,7
Cancha los Litres	56,8	10,3	24,8	14,4	22,8	3,5
Cañete	26,5	37,5	142,8	11	43	12,2
Carampangue	47	0	184	0	10	25
Cerro el Padre	58	70,5	226,5	13,5	58,5	34
Chillán Viejo	40,7	82	88,8	3,3	13,9	2,3
Chillancito	45	66	73	1,5	15	17
Coihueco Embalse	75,6	63,2	176,9	4,2	4,5	6,2
Concepción DGA	42	30,3	104,2	3,1	28,1	4,1
Curanilahue	58,5	32	172,5	13,5	71	14,5
Dichato	43	62	66	6	32	0
Diguillín	80	94,6	296,1	9,1	57,8	10,9
Embalse Ralco	41,2	61,6	317,1	18,3	43,3	21,8
Estero Bellavista en Tomé	31,2	61,8	67,7	2,9	34,1	3,1
Estero Hualqui en Desembocadura	32,7	24,8	83,6	0	31,3	4
Estero Nonguén Frente U del Bio-Bío	38,1	32,1	108,2	6,4	23,5	3
Estero Plegarias Antes de JTA Río Curanilahue	44,8	29,8	164,4	15,5	66,3	12,5
Estero Quilque en los Ángeles	35,7	67,8	96,7	3	21,4	6,5
Fundo Atacalco	81	88	298	10,3	59,7	6,5
Las Achiras	53,5	56	104,5	0	35	11

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Las Cruces	73,1	79	254	0	36	13,5
Las Pataguas	27	40	90	4	38	0
Las Trancas	69	83	146,3	0	138,5	0,8
Los Ángeles	41,3	51,5	106,1	2,5	26	8,5
Mayulermo	52,8	85,2	126,3	0,2	41,5	5,2
Millauquén	68	75	89	0	25	4
Mulchén	37,8	75,4	105	3	27,2	7,3
Nueva Aldea	62	58	84	0	20	26
Pemuco	47,5	110	102,2	0	8	0
Portezuelo	41	62	69	0	17	4
Quilaco	49,8	77,2	140,7	7,5	26	14,1
Rafael	58	53	142,5	18	67	1,3
Río Biobío en Desembocadura	30,1	23,6	96,1	1,8	26,3	1,6
Río Biobío en Llanquen	37,2	37,6	216,7	21,8	31,2	21,3
Río Biobío en Rucalhue	58,4	65,2	169,3	9,8	39,5	10,7
Río Chillan en Esperanza 2	79,3	98,1	291,5	7,4	59,3	14,4
Río Curanilahue en Curanilahue	52,4	29,3	162,1	0	83,6	11,8
Río Diguillín en san Lorenzo	61,2	78,6	257	10,4	67,5	10,4
Río Duqueco en Cerrillos	39	11,1		0,1	1,8	2,5
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	24,1	37,3	136,9	11,2	42	14,9
Río Ñuble en San Fabian N 2	86,3	155,4	254,6	3,8	48,3	4,3
San Agustín de Puñual	46,4	67,2	50,9	0	13,5	0,5
San Fabián	89	155,5	252	5	50	4,5
Trupán	53	87	188,6	7,5	38,7	41
Tucapel	33,6	97	153,9	4	30,3	9

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET, DGA y Explorador Climático.

23. Base de datos estaciones precipitaciones periodo octubre 2013 a marzo 2014

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
-----------------	---------	-----------	-----------	-------	---------	-------

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Caman	80	20	0	37,5	15	63
Canal de la Luz en Chillan	85	12,3	0	18,5	12,9	56,4
Cancha los Litres	32,6	36,1	0	14,7	15,6	65
Cañete	48,5	23	0	39,2	15,8	72,4
Carampangue	30,2	10,1	10	42	25	69
Cerro el Padre	37	54	3	36,8	30,2	98,6
Chillan Viejo	77,7	14,4	0	20,2	13,3	43
Chillancito	41	12,5	0	12,5	15,5	65
Coihueco Embalse	66,7	22,7	0	40,5	19	103,7
Concepción DGA	29,1	0,8	0	12,1	13,2	86,1
Curanilahue	40	27,5	4,5	55,5	17	117
Dichato	22	14	0	21	14	61
Diguillín	96,7	18,4	0	36,3	22,9	93,7
Embalse Ralco	70,4	67,3	1,7	77	39,8	125,1
Estero Bellavista en Tomé	23,5	14,6	0,5	21,1	18	8,3
Estero Hualqui en Desembocadura	35,6	11,3	0	35,2	7,5	60,8
Estero Nonguén Frente U. del Bio-Bío	22,1	17,3	0	10,6	5,6	73,2
Estero Plegarias Antes de JTA Río Curanilahue	41,1	32	2,4	39,7	15,7	58,4
Estero Quilque en los Ángeles	50,9	13,4	0	0,2	0	0,2
Fundo Atacalco	102	27,5	0	32	25	89
Las Achiras	26,5	11	1	12,5	19,5	65,5
Las Cruces	95	25	0	45	39	92
Las Pataguas	20	15	0	21,5	10	53
Las Trancas	10	37,5	0	15	25	52
Los Ángeles	40	12	0	24	12,5	77,7
Mayulermo	75,5	19,2	0	38,9	31,5	96,6
Millauquén	35	3,5	0	18,5	9,5	22
Mulchén	42	16,8	0	31,2	201	101,7
Nueva Aldea	45,5	9,1	0	17	15,6	63
Pemuco	68	11	0	25	7	84

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Portezuelo	34	7	0	8	0	49
Quilaco	47,1	23	0	31,8	21,5	80,2
Rafael	51	33	0	44	27	79
Río Biobío en Desembocadura	31,6	3	0	8,7	9,6	79,3
Río Biobío en Llanquén	55	45,5	4,6	53,5	43,5	101,7
Río Biobío en Rucalhue	30,1	43,8	0,8	39,4	30,8	144,6
Río Chillan en Esperanza N 2	81,6	21,7	0	42,2	23,1	93,2
Río Curanilahue en Curanilahue	40,7	29,6	3,9	39,6	18,2	36,4
Río Diguillín en San Lorenzo	91,5	21,4	0	27,6	20	80,2
Río Duqueco en Cerrillos	39,5	13,9	0	10,4	16,4	40
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	40,7	30,8	3,2	29,5	13,5	75,7
Río Ñuble en San Fabian N 2	62,4	16,7	0	36,1	21,3	78,6
San Agustín de Puñual	18,3	3,3	0	7,5	6	30,4
San Fabián	65	20,5	0	37	22,5	56
Trupán	108	41,4	0	40	47	130,2
Tucapel	60,6	22	0	49	28,5	195,5

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET, DGA y Explorador Climático.

24. Base de datos estaciones precipitaciones periodo octubre 2014 a marzo 2015.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Caman	47	33	44	0	0	11
Canal de la Luz en Chillan	1,8	3,4	17,7	0	0	7
Cancha los litros	12,6	2,5	14	0	0	28
Cañete	46,1	4	11,2	1,5	1	24,5
Carampangue	45	0	0	0	0	0
Cerro el Padre	43	28	40,5	0	0	0
Chillan viejo	10,7	2,5	17,4	0	0	7
Chillancito	12	1,5	15	0	0	2,5
Coihueco Embalse	22,5	7,8	31	0	1,7	2,7

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Concepción DGA	16,4	0,9	13,8	0	3,8	4,7
Curanilahue	57	16,7	9,5	0	0	1
Dichato	11	0	20	0	1	0
Diguillín	41,9	18,9	35,3	0	0	5,2
Embalse Ralco	74,2	23,4	37,4	0	0,1	0
Estero Bellavista en Tomé	20,1	1	12,9	0,4	0	2,9
Estero Hualqui en Desembocadura	17,3	3	2,2	0,1	0,1	0
Estero Nonguén Frente U. del Bio-Bío	23,2	6,8	11,9	0	0	2
Estero Plegarias Antes de JTA Río Curanilahue	51,9	19,3	13,6	0,1	0	2,1
Estero Quilque en los Ángeles	18,6	6,2	14,1	0,1	0	0
Fundo Atacalco	35	19	50	0	0	10
Las Achiras	16,5	3,5	20,5	0	0	0
Las Cruces	33,5	18	32,5	0	0	0
Las Pataguas	14,6	9	21	0	0	5
Las Trancas	35	10	25	0	0,5	8
Los Ángeles	15,5	4,3	9,5	0	0	0
Mayulermo	7,8	0	30,1	0	1,2	1,2
Millauquén	9,5	1	21	0	0	26
Mulchén	34,5	11,4	11,7	0	0	0
Nueva Aldea	5,5	0	21	0	0	19,8
Pemuco	8,6	6	27	0	0	0
Portezuelo	13	3	12,2	0	0	30
Quilaco	36,4	15,4	27,1	0	0	0
Rafael	15,4	16	24,8	44	27	79
Río Bio-Bío en Desembocadura	17,1	4,5	9,6	0	1	3,3
Río Biobío en Llanquén	77,2	19	25,9	0	0	0
Río Biobío en Rucalhue	30,4	23,8	29,6	0	0	0
Río Chillan en Esperanza N 2	35,7	16,6	22,8	0	0,5	0,8

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Río Curanilahue en Curanilahue	53,3	25,1	10,3	0	0	1,8
Río Diguillín en San Lorenzo	30,4	16,9	42	0	3,5	9,3
Río Duqueco en Cerrillos	22,9	10,3	10,7	0	0	0
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	47,6	8,6	3,3	0,3	0	0,9
Río Ñuble en San Fabián N 2	32,8	11,6	33,7	0	0	0
San Agustín de Puñual	11	4,8	15	0	0	0,2
San Fabián	32,5	11,5	31,2	0	0	0
Trupán	19	14,5	36,2	0	2	0
Tucapel	29,5	4,9	32,8	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET, DGA y Explorador Climático.

25. Base de datos estaciones precipitaciones periodo octubre 2015 a marzo 2016.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Caman	166,7	14	0	14	0	0
Canal de la Luz en Chillan	101,2	7,8	0	4,7	0	4,9
Cancha los Litres	82,6	30,3	0	0	0	2,5
Cañete	80,4	34,4	45	15,1	1	24,5
Carampangue	129,9	35	45	0	10	25
Cerro el Padre	151,5	41	38,5	14	0	42,5
Chillán viejo	100	10,9	0	3,9	0	3,2
Chillancito	116,5	11	0	4,5	0	11,5
Coihueco Embalse	173,8	9,2	0	19,7	0	7,5
Concepción DGA	68,4	30	5,4	4,2	0	14,9
Curanilahue	124,5	46	36	19,5	0	24,5
Dichato	54,9	9	0	4	6,5	19
Digullín	157,4	21,3	0	20,1	3,5	17
Embalse Ralco	138,5	64,3	27,4	1	0	21,9
Estero Bellavista en Tomé	61,9	17,1	2,7	6,5	0	21,7
Estero Hualqui en	50,3	19,8	6	2	0	9,9

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Desembocadura						
Estero Nonguén Frente U. del Bio-Bío	60,9	21,6	8,7	1,8	0,1	14,9
Estero Plegarias Antes de JTA Río Curanilahue	129,2	40,4	38,1	20,3	1,6	24
Estero Quilque en los Ángeles	80,5	19,1	7,2	0,1	0	25,3
Fundo Atacalco	128	29	0	5	0	15,7
Las Achiras	82,5	32	23,5	7,5	1,5	17,5
Las Cruces	148	39,5	0	0	0	29
Las Pataguas	76	19	2,5	0	0	14
Las Trancas	35	15	0	4	1	10
Los Ángeles	98,6	25,8	9,4	3,9	0	18
Mayulermo	158,5	18,8	0	8,4	0	14,2
Millauquén	115	3	0	0	0	2
Mulchén	111,5	24,2	21,7	7,5	0	22,8
Nueva Aldea	85,3	0	0	0	0	12
Pemuco	166	20	0	3	0	3
Portezuelo	79	9	0	0	0	12
Quilaco	161	38,8	21,2	5,4	0	26,7
Rafael	90,4	34,8	0	7	0	18
Río Biobío en Desembocadura	80,3	23,3	6,3	3,9	0	15,9
Río Biobío en Llanquén	92,8	43,6	32	6,3	0	0
Río Biobío en Rucalhue	130,7	39,7	16,3	10,4	0	36,8
Río Chillan en Esperanza N 2	158,3	17,3	0,9	8,8	0	14,7
Río Curanilahue en Curanilahue	106,9	24,8	34,9	18,8	28,8	55,4
Río Diguillín en San Lorenzo	117,2	27,2	0	14,2	0,1	14,3
Río Duqueco en Cerrillos	74,9	26,1	11,8	3,7	0	17
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	73	34,4	38,1	4,7	2,7	24,5
Río Ñuble en San Fabian N 2	150,9	2,3	0	12,9	0	0,8

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
San Agustín de Puñual	95,4	1,8	0	6	0	10
San Fabián	150,5	3	0	14,1	0	0,7
Trupán	181,4	58	7,5	10,5	0	32,3
Tucapel	143,8	23	0	0	0	21,5

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET, DGA y Explorador Climático.

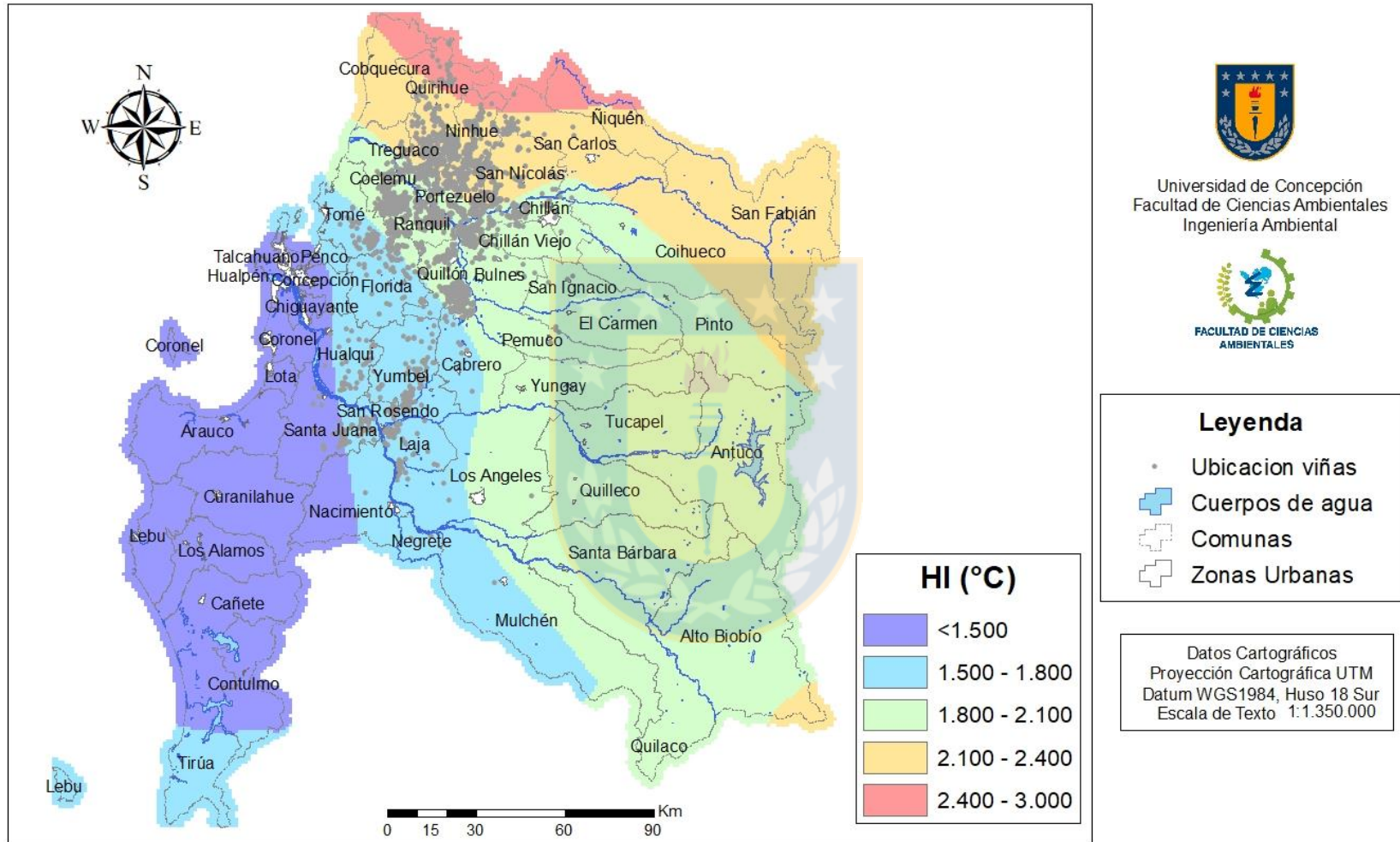
26. Base de datos estaciones precipitaciones periodo octubre 2016 a marzo 2017.

Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Caman	157	26	67	15	28	51
Canal de la Luz en Chillan	66,7	8,9	24,9	4,4	7,7	2,2
Cancha los Litres	78	34,5	28,5	22	7,8	0
Cañete	59,2	17,4	60,8	18	80,5	58
Carampangue	75	0	0	0	13	95
Cerro el Padre	168,5	57,5	118,5	25	23	33
Chillan Viejo	65,6	17,6	28,8	5,8	11,7	27,7
Chillancito	65	20,5	25	2,5	13	21
Coihueco Embalse	103,3	23,5	50,1	20	23,3	31
Concepción DGA	61,2	12,6	24,8	9	17,5	37,4
Curanilahue	120,5	70	117,5	12,5	25,5	57,5
Dichato	88	15,5	60	11	11	4
Diguillín	165,1	39	125,5	19,5	58,9	47,7
Embalse Ralco	165,7	66,6	99,4	12,9	36,2	42,1
Estero Bellavista en Tomé	82,5	3,1	5	0,2	0,3	0,5
Estero Hualqui en Desembocadura	71,6	15,2	15,8	1,5	0,4	0,7
Estero Nonguén frente U. del Bio-Bío	73,6	16,9	17	11,1	5,5	19,3
Estero Plegarias Antes de JTA Río Curanilahue	160,3	58,7	145,8	14,7	29,6	53,8
Estero Quilque en los	58,3	23,2	37,5	1,4	5,2	2,8

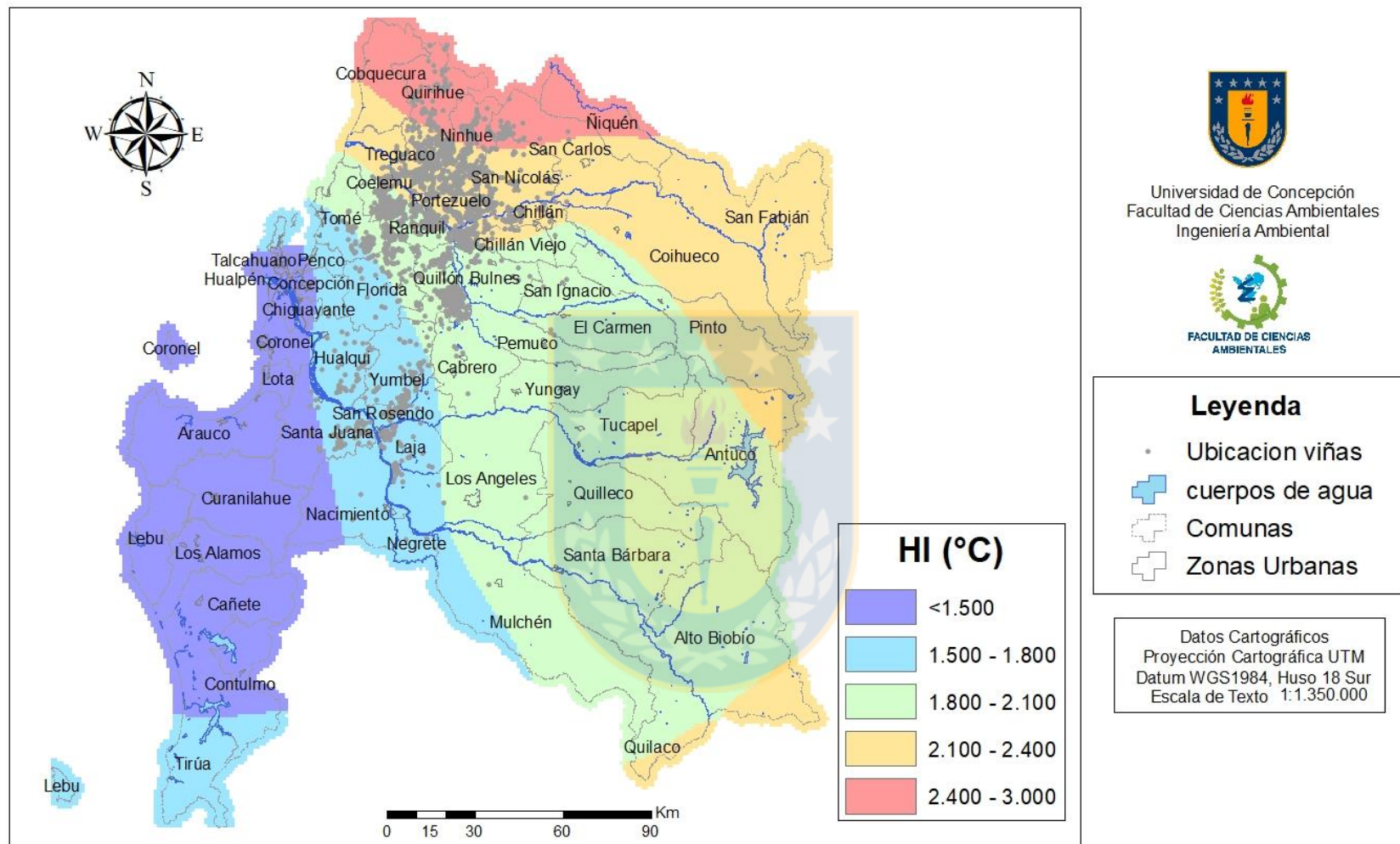
Nombre Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Angeles						
Fundo Atacalco	160	39	93	20	27	39
Las Achiras	98,5	46,5	59	10,5	33	38
Las Cruces	177,3	47	87,4	26	32	30
Las Pataguas	102	18	16	7	0,6	24,5
Las Trancas	173	11,8	53	28	38	56
Los Ángeles	81,4	14,2	66,6	1,5	20,5	40
Mayulermo	118,1	30,8	79,4	22,4	5,6	25,8
Millauquén	49,5	9,5	22	1,5	22	11
Mulchén	110,4	24,6	53	0	16,1	29,9
Nueva Aldea	47,5	15	30,5	3,3	6,5	25,6
Pemuco	69,5	6	31	22,5	17	18
Portezuelo	56	14	40	37	19	20
Quilaco	117,5	36,6	85	12	37,4	23,9
Rafael	173,2	34,3	56,8	10	13,1	30
Río Biobío en desembocadura	68,6	17,3	30,7	9,5	18,9	51
Río Biobío en Llanquén	153,2	58,1	102,1	12,7	37,2	56,9
Río Biobío en Rucalhue	128,6	34,7	96	8,3	34,9	21,1
Río Chillan en Esperanza N 2	156,7	40,8	66,5	18,5	27,3	33,1
Río Curanilahue en Curanilahue	187,5	70	114,8	13,5	28,8	55,4
Río Diguillín en San Lorenzo	149,7	42	90,1	17,5	30,8	48,2
Río Duqueco en Cerrillos	100,2	30	0,9	0,1	30,3	42,3
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	125,4	25,5	69,4	22	36,7	56,5
Río Ñuble en San Fabian N 2	150,5	16,1	66,2	10,8	15,6	54,8
San Agustín de Puñual	43,1	102	55,5	0,5	8,3	17,7
San Fabián	151	15	71	5	25	50,6
Trupán	129	48,3	64,5	47,5	42,3	26,8
Tucapel	164,1	27,2	44,3	25	21,1	7,5

Fuente: Elaboración propia a partir de estaciones obtenidas de AGROMET, DGA y Explorador Climático.

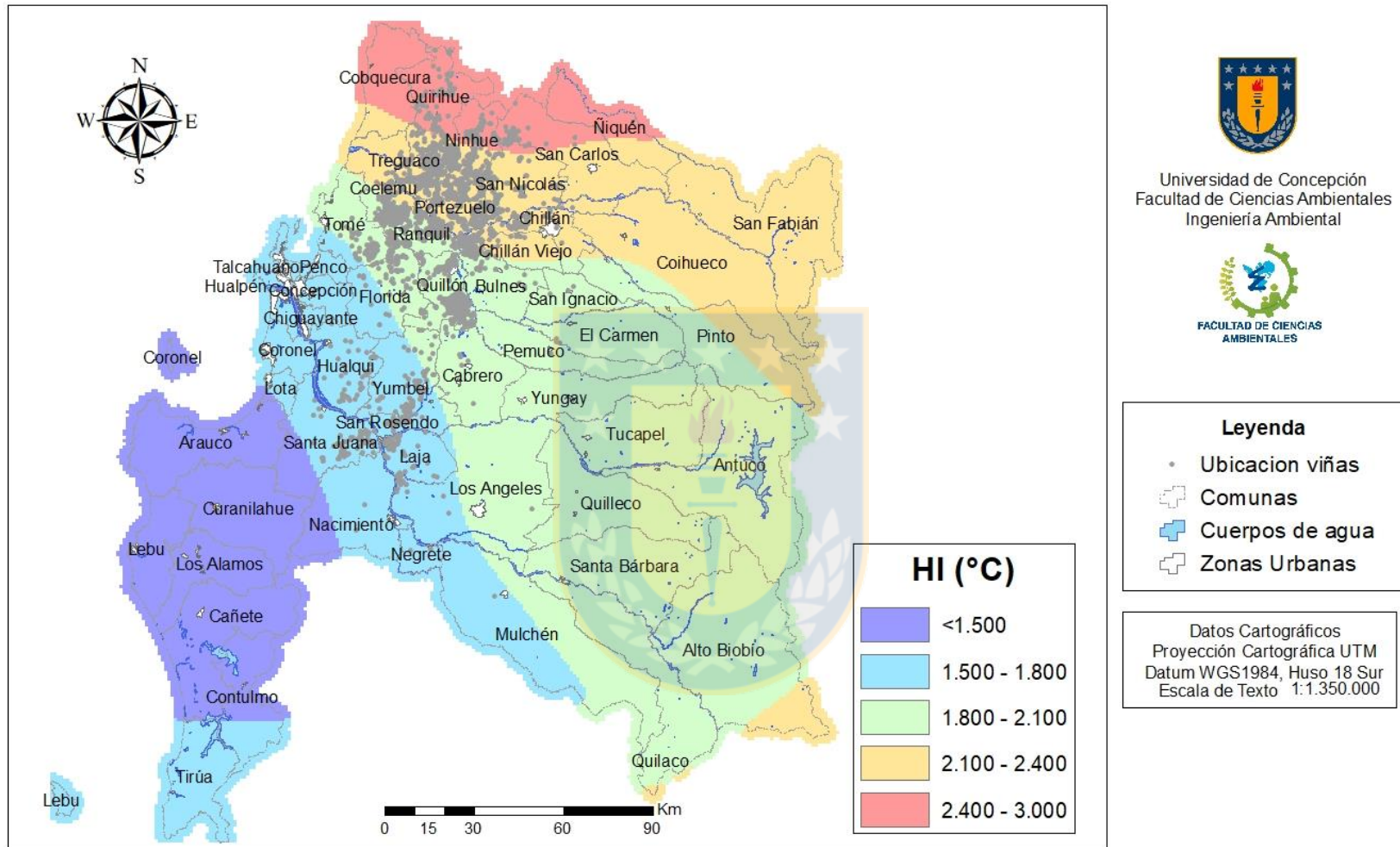
Anexo 6: Cartografías índice heliotérmico de Huglin



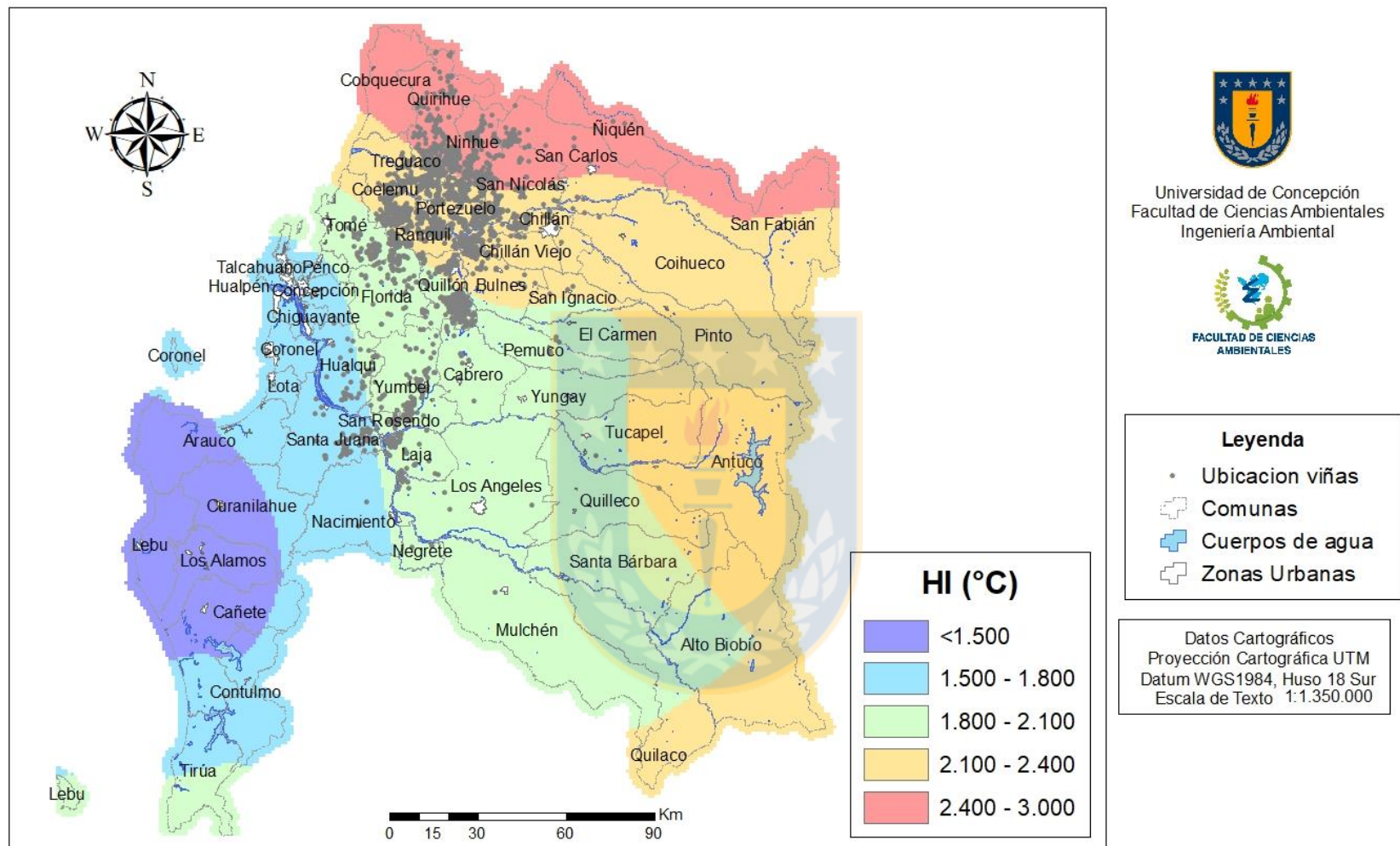
6.1 Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo octubre 2012 a marzo 2013.



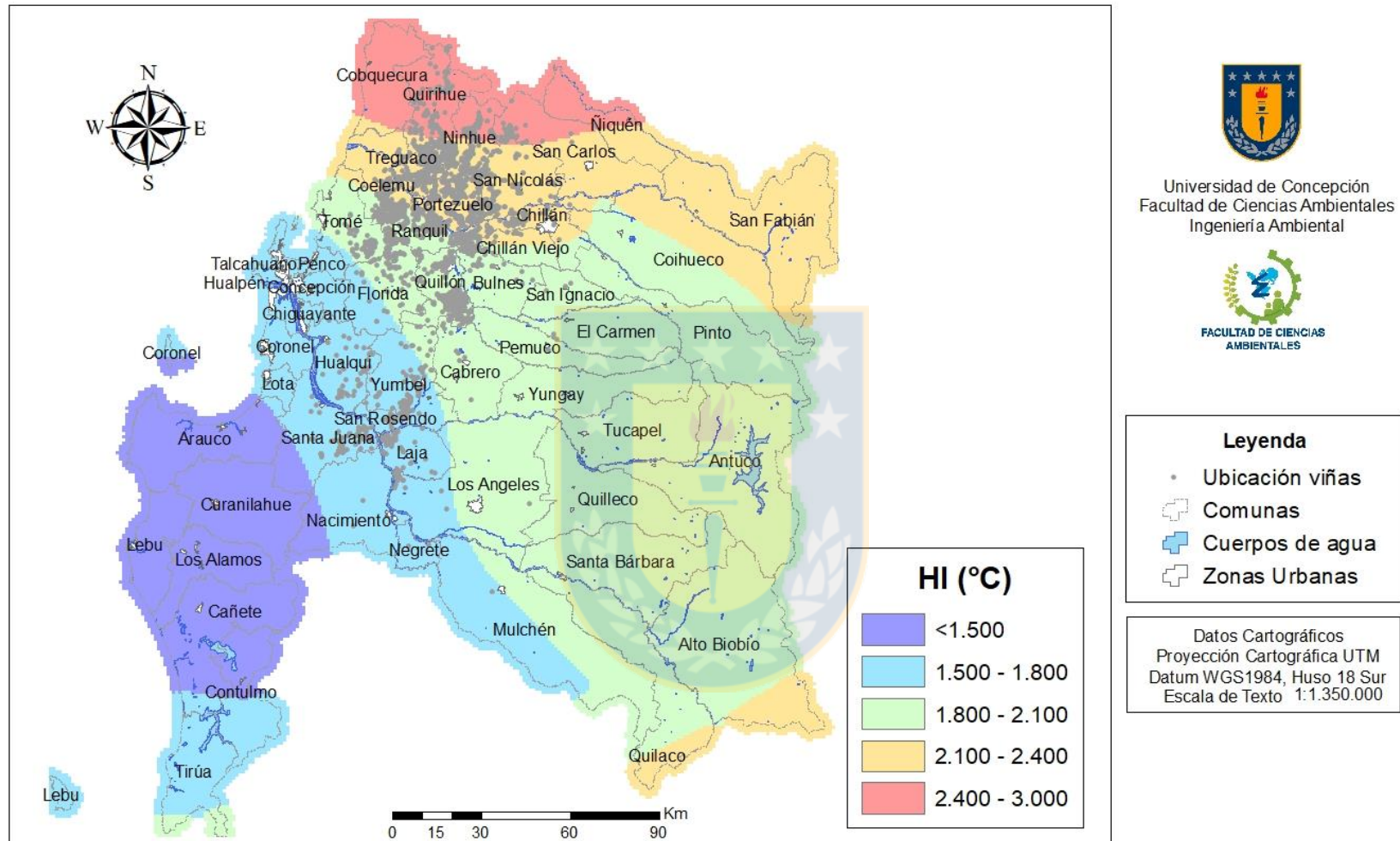
A.6.2 Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo octubre 2013 a marzo 2014.



A.6.3 Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo octubre 2014 a marzo 2015.

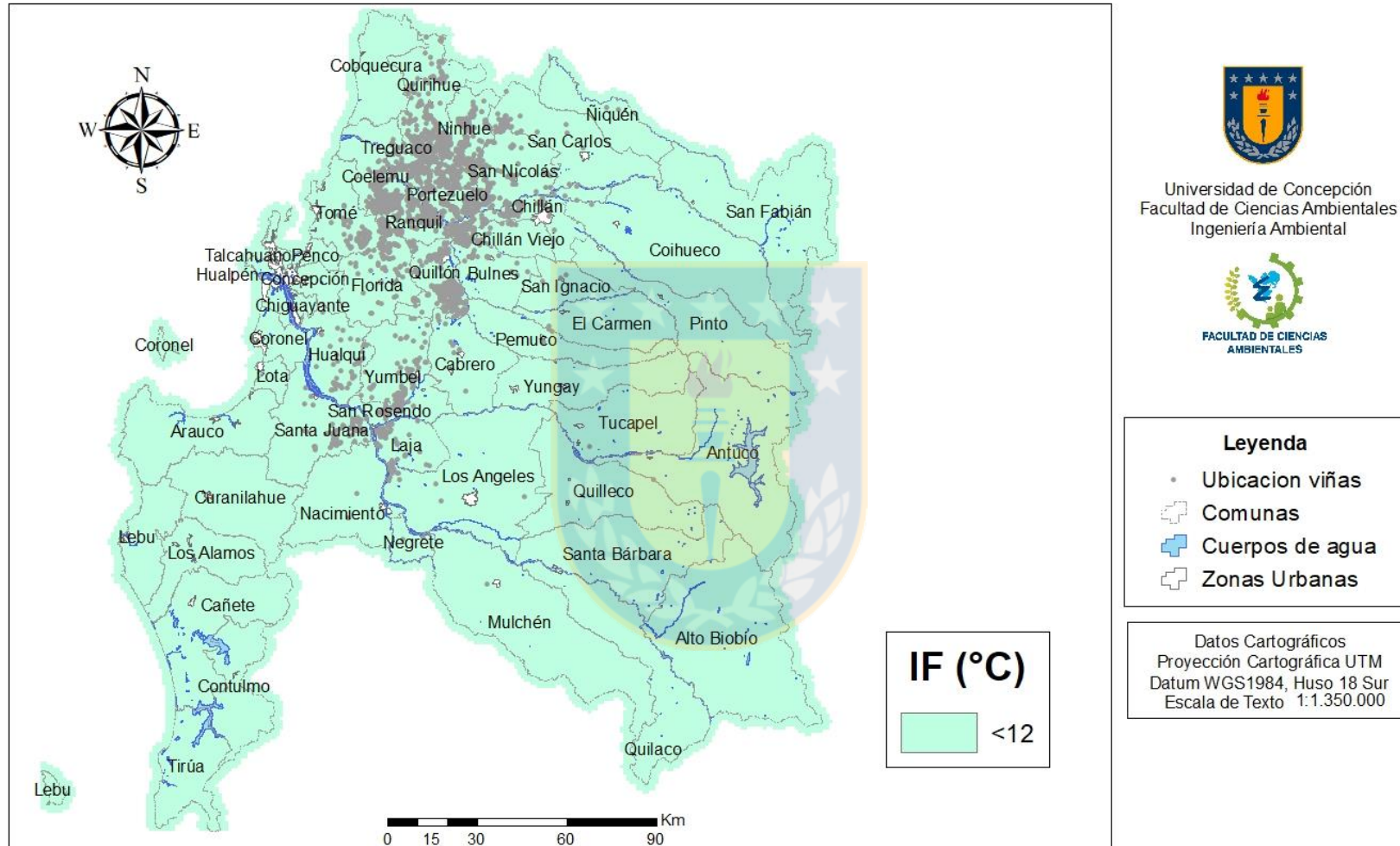


A.6.4 Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo octubre 2015 a marzo 2016.

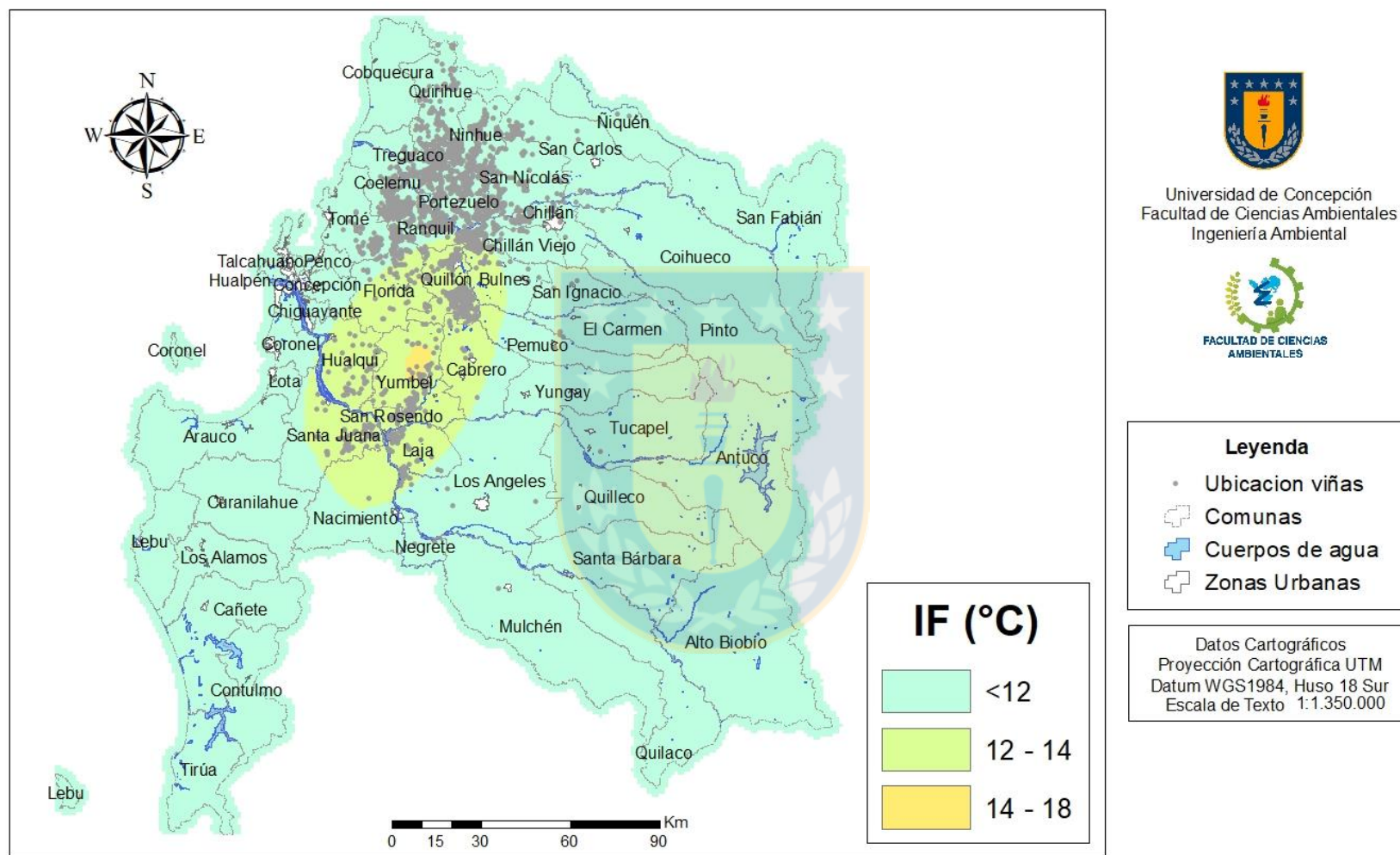


A.6.5 Distribución espacial asociada al índice heliotérmico de Huglin para el periodo octubre 2016 a marzo 2017.

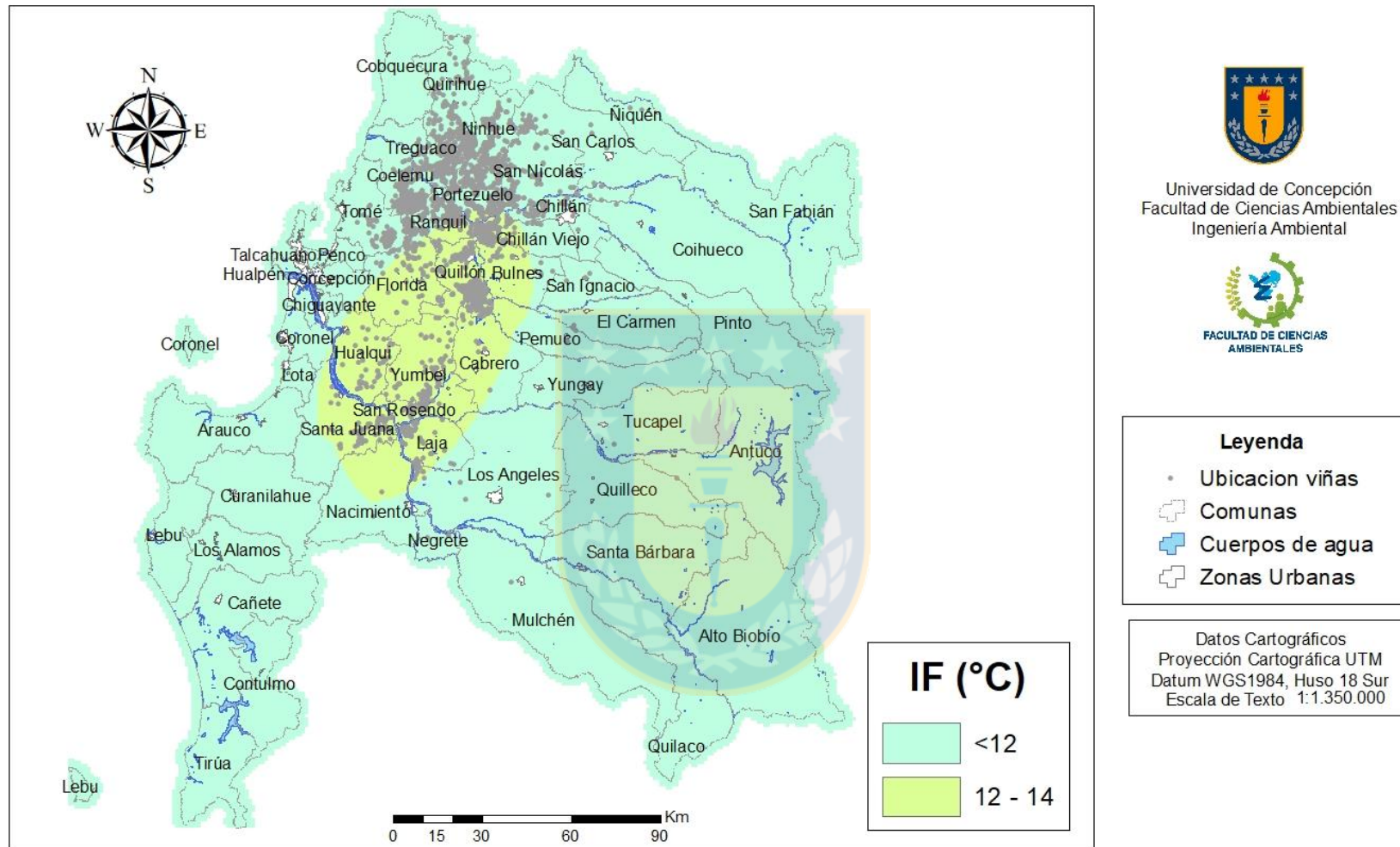
Anexo 7: Cartografías de la distribución espacial para el índice de frío nocturno



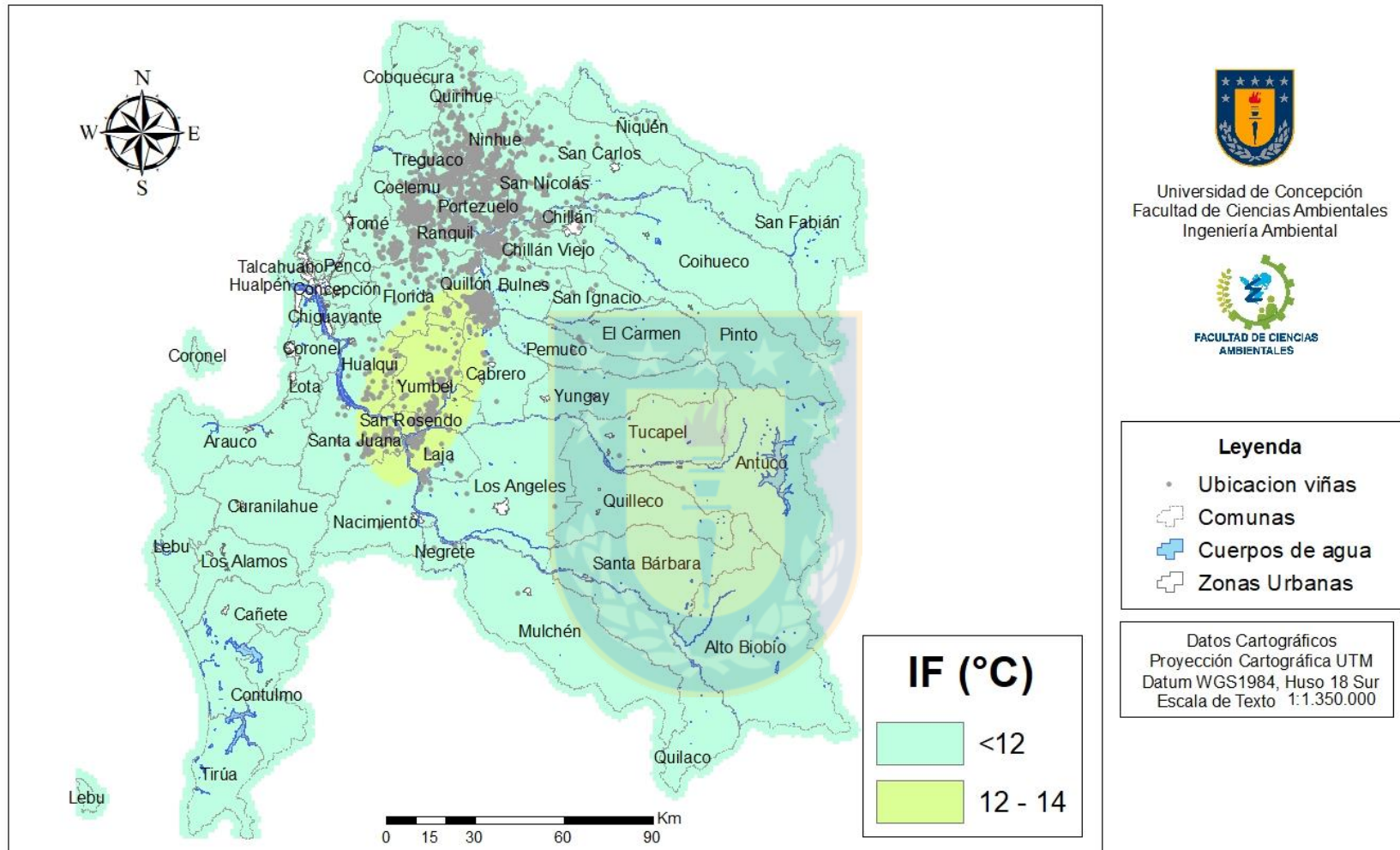
A.7.1 Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo marzo 2013.



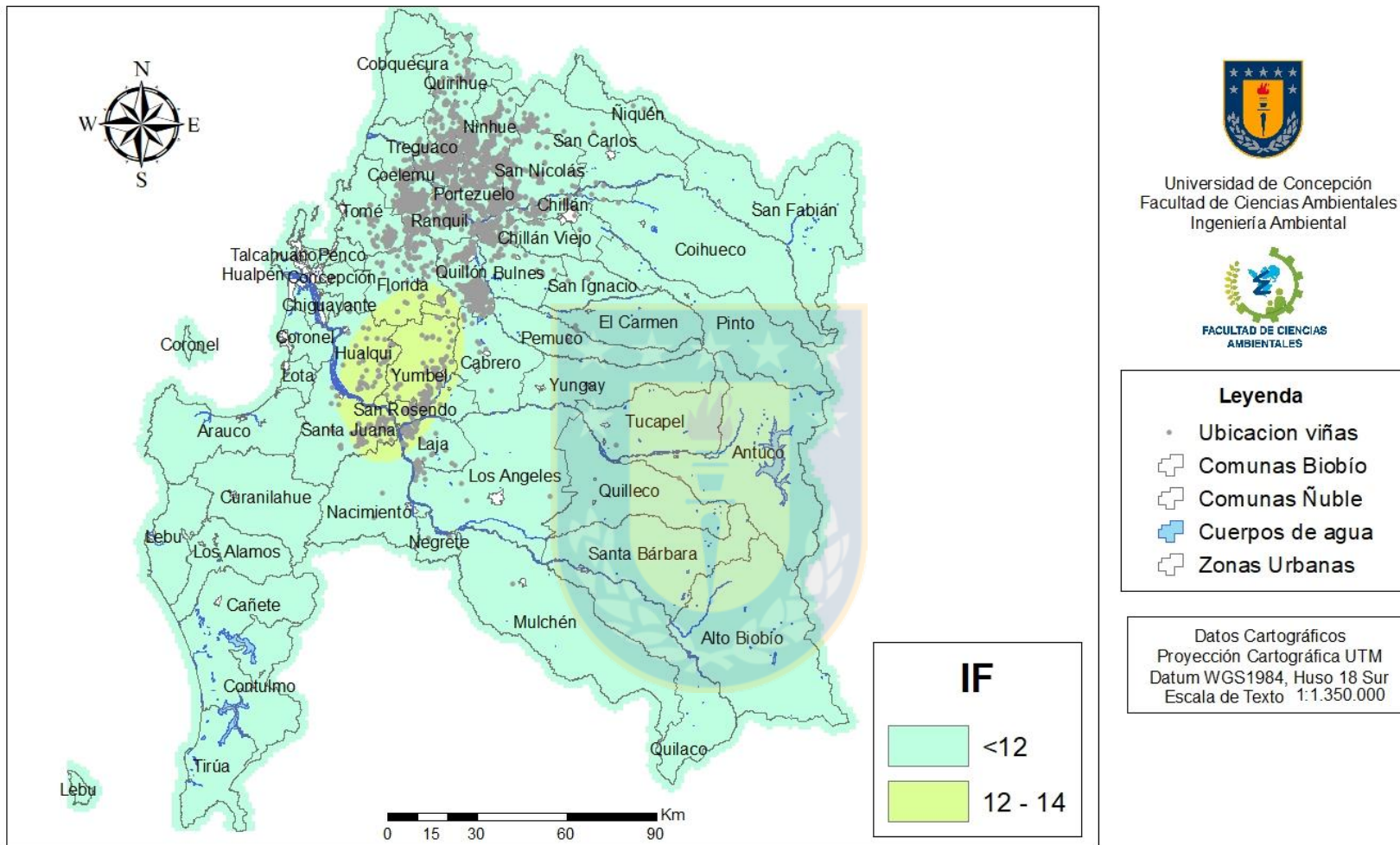
A.7.2 Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo marzo 2014.



A.7.3 Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo marzo 2015.

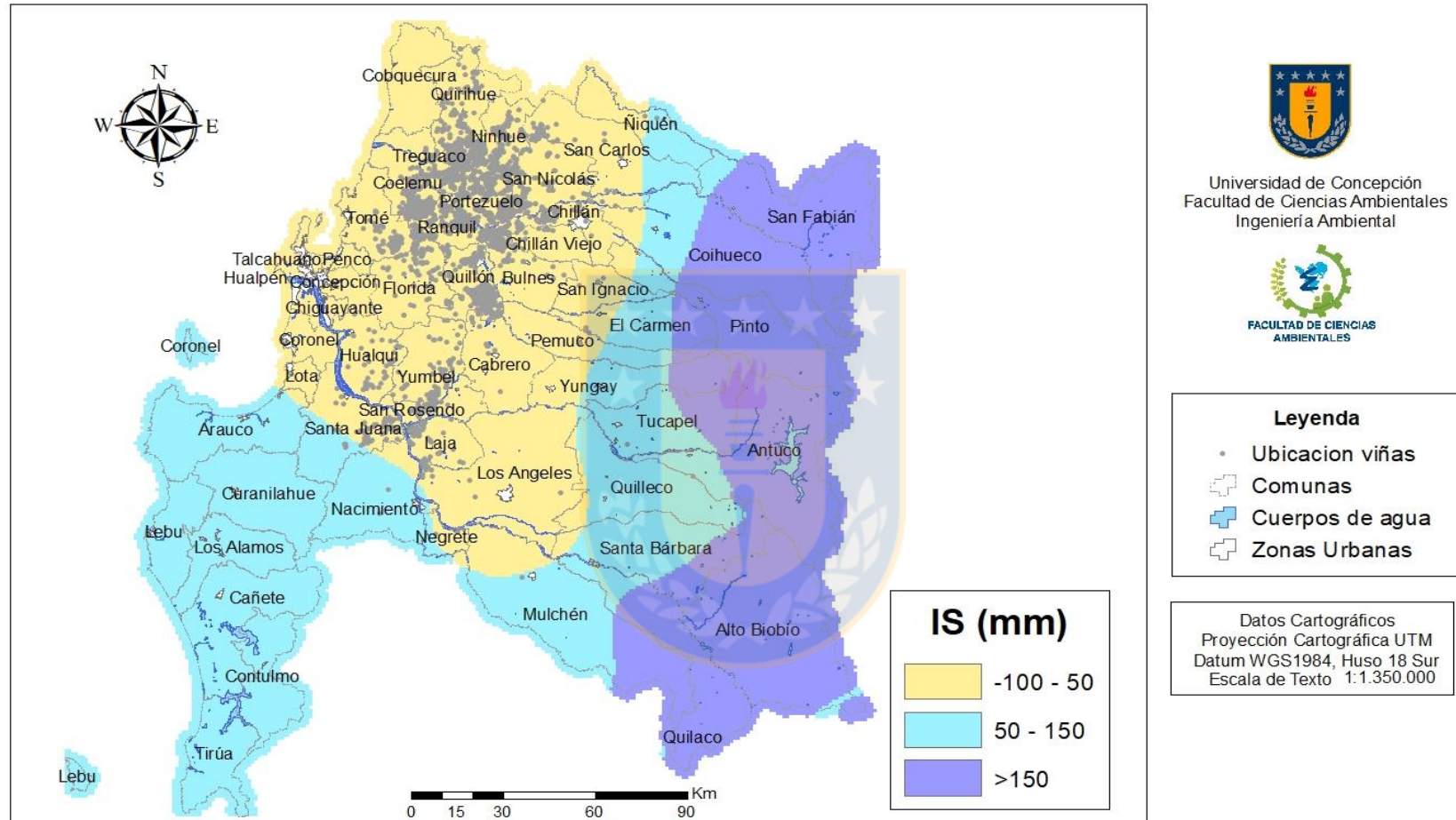


A.7.4 Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo marzo 2016.

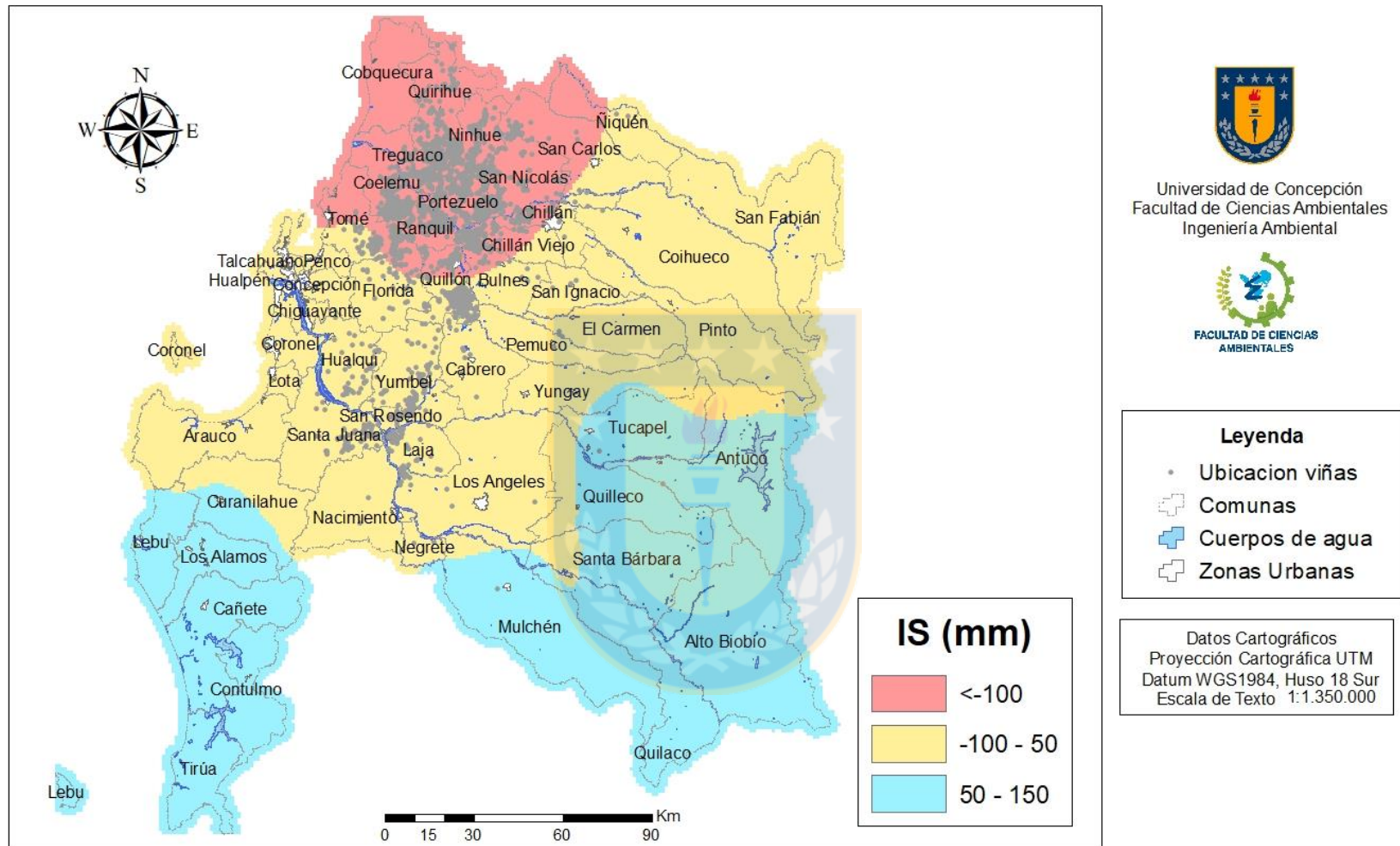


A.7.5 Distribución espacial asociada al índice de frío nocturno para el periodo marzo 2017.

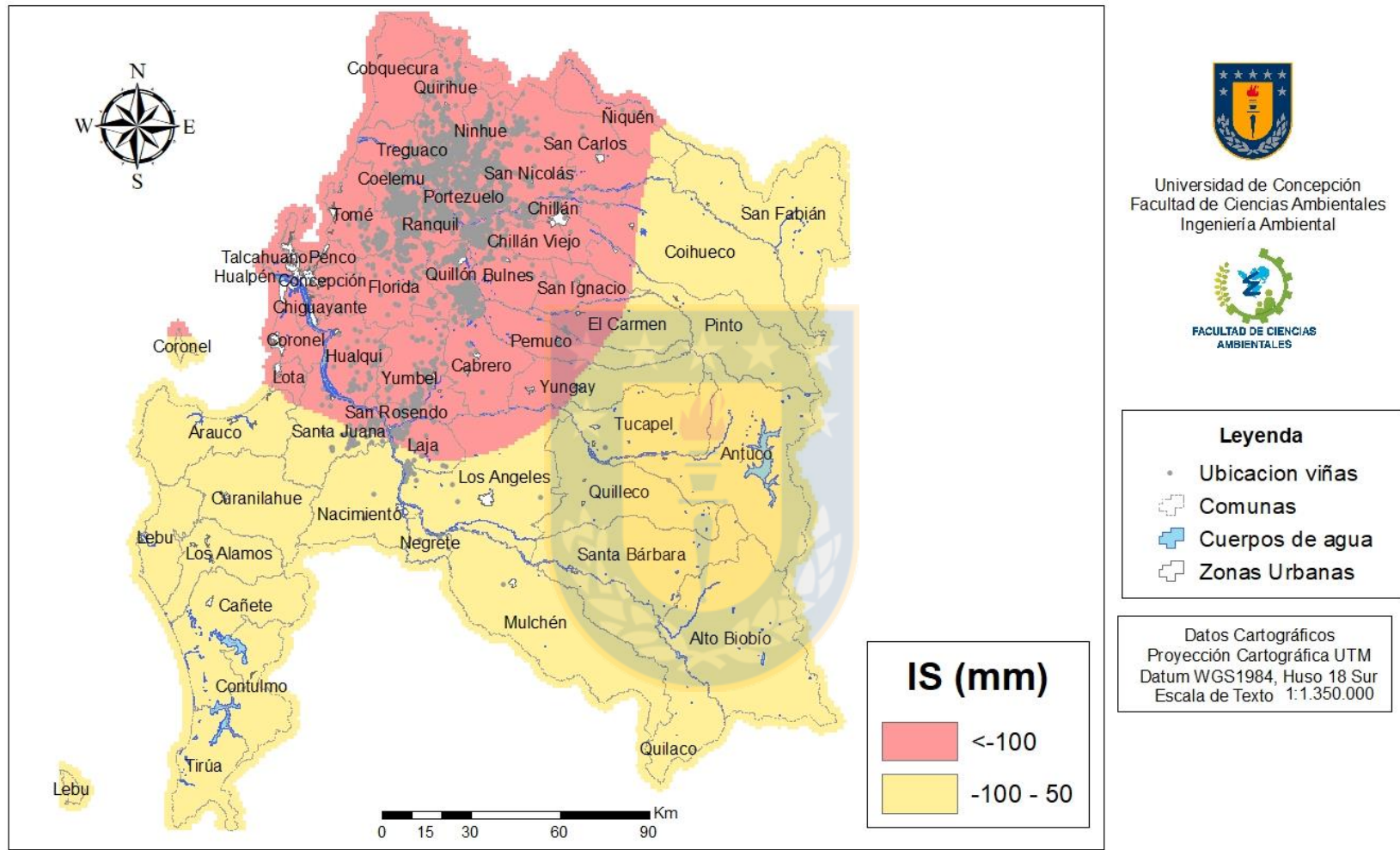
Anexo 8: Cartografía índice de sequía.



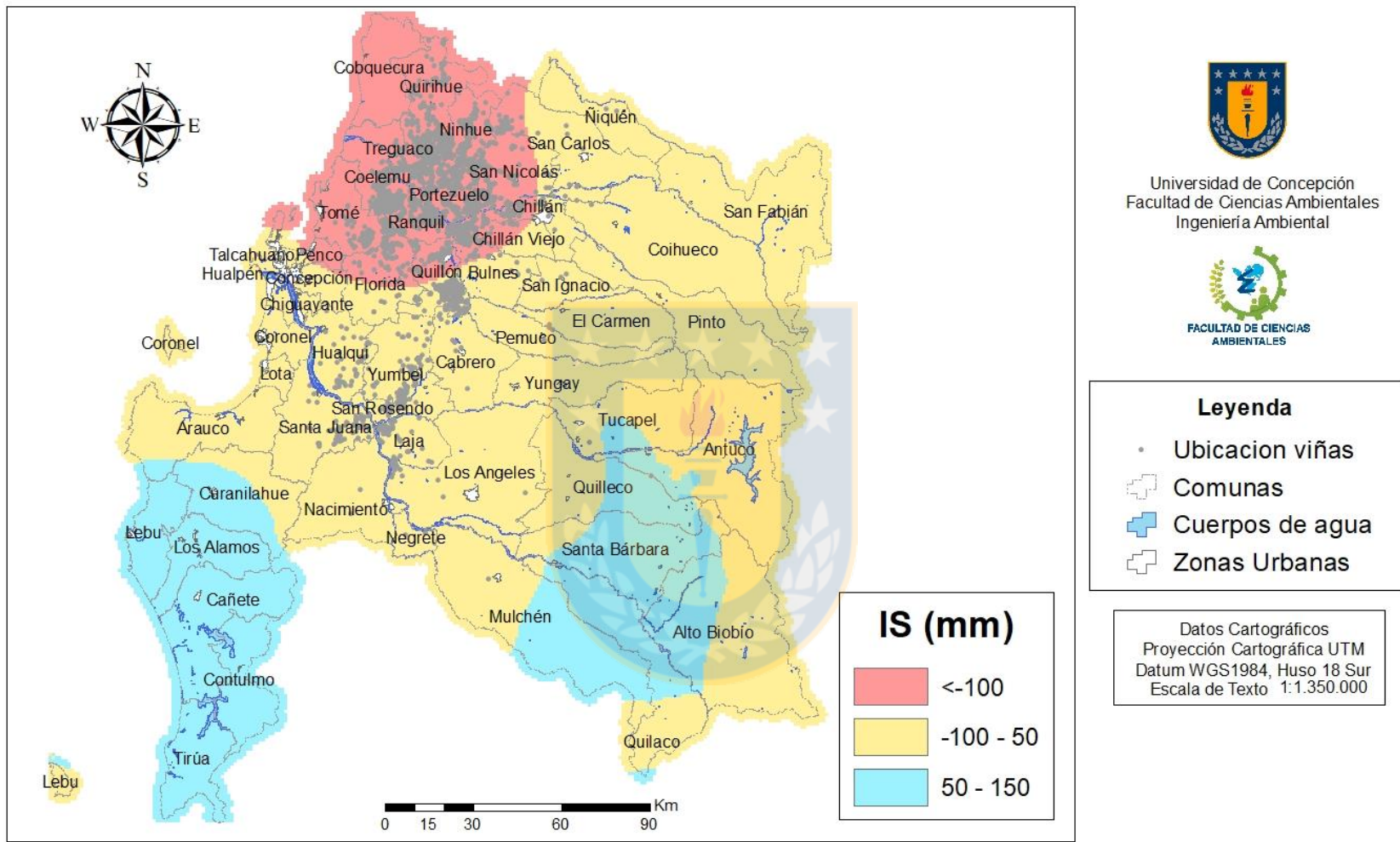
A.8.1 Distribución espacial asociada al índice de sequía para el periodo octubre 2012 a marzo 2013.



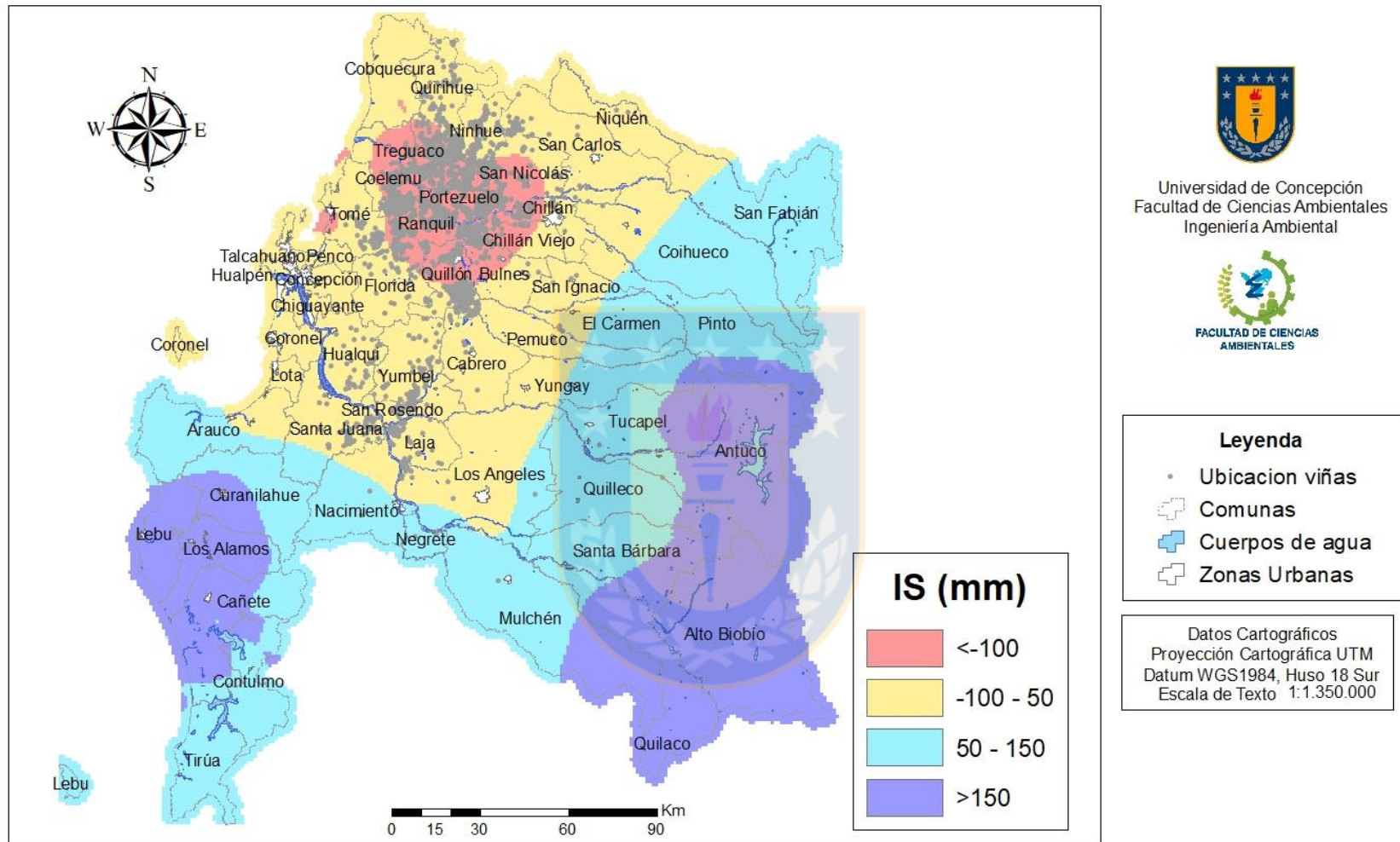
A.8.2 Distribución espacial asociada al índice de sequía para el periodo octubre 2013 a marzo 2014.



A.8.3 Distribución espacial asociada al índice de sequía para el periodo octubre 2014 a marzo 2015.



A.8.4 Distribución espacial asociada al índice de sequía para el periodo octubre 2015 a marzo 2016.



A.8.5 Distribución espacial asociada al índice de sequía para el periodo octubre 2016 a marzo 2017.