

POR UN CHILE RURAL INCLUSIVO

ZONAS CON POTENCIAL FRUTÍCOLA EN LA REGIÓN DE AYSÉN EN BASE A TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA





Equipo INDAP:

Alejandro Acevedo Díaz, Ingeniero Agrónomo, Jefe Fomento, INDAP Aysén.

Sandro Contreras Ruiz, Especialista Informático, Encargado Regional Sistemas, INDAP Aysén.

Jorge F. Huichalaf Roa, Ingeniero de Ejecución Agrícola, Encargado Regional Rubro Frutícola, INDAP Aysén.

Darío Juárez Reyes, Ingeniero Agrónomo, Encargado Regional de la Unidad de Suelos y Praderas, INDAP Aysén

Sergio Sanhueza Guarda, Ingeniero Agrónomo, Jefe Departamento Gestión Estratégica, INDAP Aysén.

Marcelo Hernández Rojas, Ingeniero Forestal, Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental en Recursos Naturales, Director Regional INDAP Aysén.

Consultora Ejecutora:

Ana Ansón Antas, Licenciada en Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza 2010, España. Máster en Tecnologías de la Información Geográfica para la Ordenación del Territorio; SIG y Teledetección. Universidad de Zaragoza 2011, España.

Financiado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP, Región de Aysén.

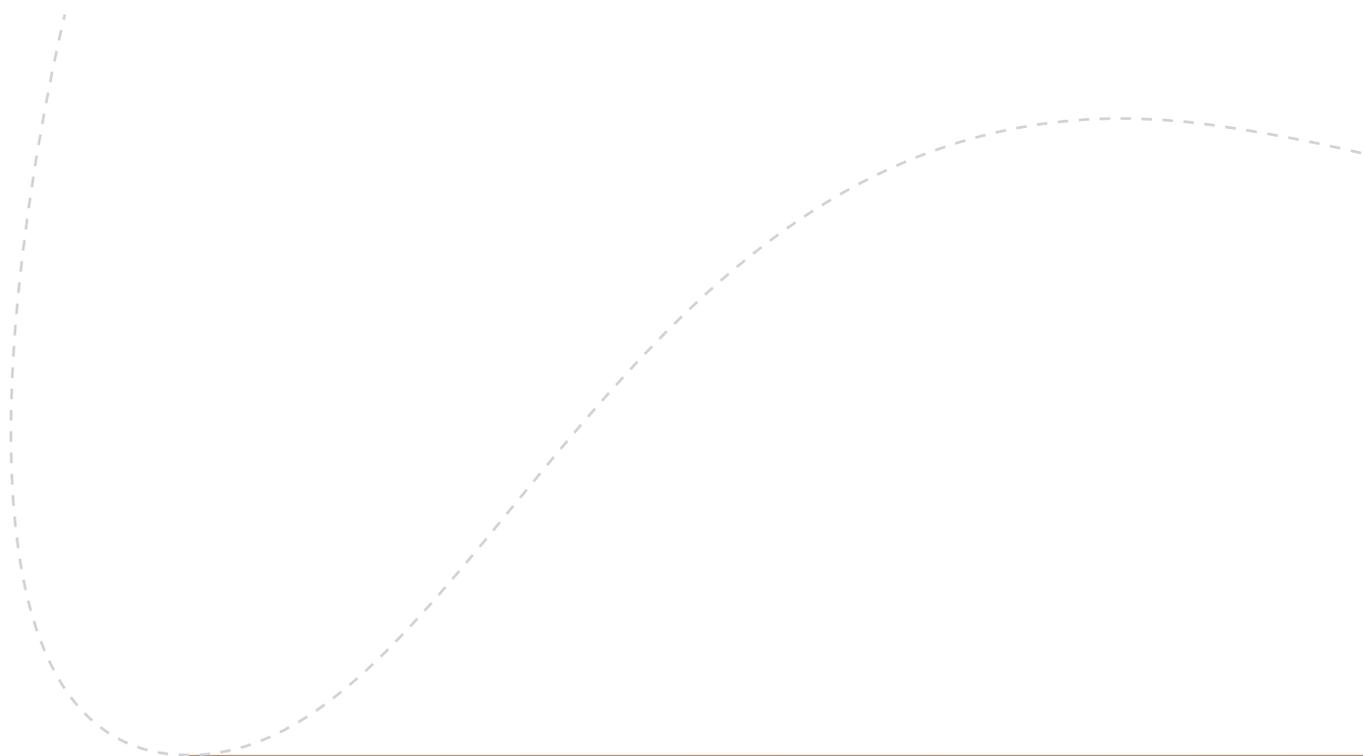


“Zonas con Potencial Frutícola en la Región de Aysén en base a Tecnologías de la Información Geográfica”

Ana Ansón Antas

*Licenciada en Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza 2010, España.
Máster en Tecnologías de la Información Geográfica para la Ordenación del Territorio; SIG
y Teledetección. Universidad de Zaragoza 2011, España.*

4

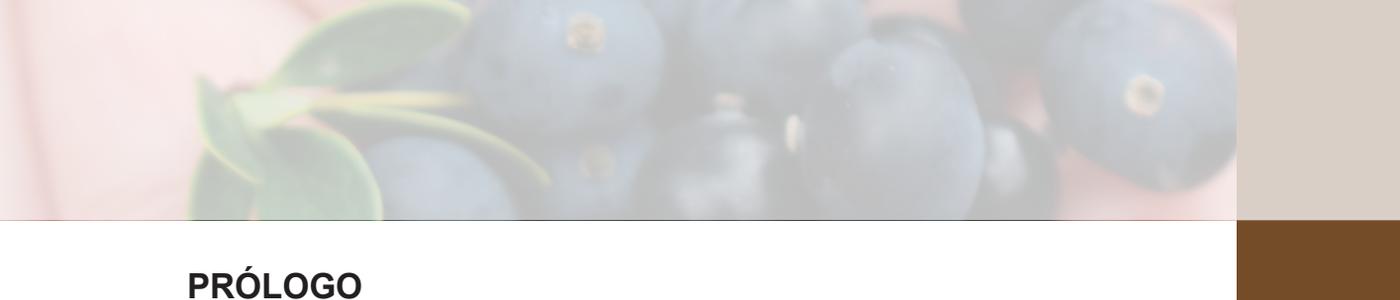




ÍNDICE

1.	Introducción.....	9
1.1	Problemática.....	10
1.2	Justificación	10
1.3	Antecedentes	12
2.	Objetivos	14
3.	Descripción General de la Región de Aysén.....	15
4.	Metodología	17
4.1.	Definición de Criterios Edafológicos.....	17
4.1.1.	Cerezo.....	20
4.1.2.	Nogal.....	22
4.1.3.	Arándano.....	24
4.1.4.	Frambueso.....	26
4.1.5.	Frutilla.....	30
4.2.	Generación de Coberturas Cartográficas.....	32
4.2.1.	Datos de Origen y Obtención de Datos Climáticos.....	32
4.2.2.	Modelización Global del Período 1950 – 2000.....	33
4.2.3.	Superposición de Información.....	37

4.3. Fase Final.....	39
5. Resultados	40
5.1. Descripción Climática Espacial de la Región de Aysén ...	41
5.2. Descripción de la Zonificación de Suelos.....	46
5.3. Descripción de la Zonificación de Frutales por Especie... ..	48
5.3.1. Determinación de Áreas Aptas para el Nogal.....	48
5.3.2. Determinación de Áreas Aptas para el Frambueso.....	50
5.3.3. Determinación de Áreas Aptas para el Arándano.....	52
5.3.4. Determinación de Áreas Aptas para el Cerezo.....	54
5.3.5. Determinación de Áreas Aptas para el Frutilla.....	60
5.4. Usuarios de INDAP con Potencial para la Fruticultura.....	63
5.5. Capacitación: Zonificación Potencial del Manzano.....	64
6. Conclusiones	66
7. Bibliografía	70
Anexo 1. Productos a Entregar	72
Anexo 2. Cartografía en Tamaño DIN A-2.....	72



PRÓLOGO

En esta administración el Ministerio de Agricultura y en particular INDAP, han propiciado apoyar el desarrollo de la fruticultura en distintas localidades de la región, para lo cual ha dispuesto de un profesional que deberá establecer la actual línea base frutícola y la proyectada con intervención del INDAP, en base a la formulación de una estrategia que considere desde apoyos a pequeños huertos frutales para autoconsumo hasta la inversión necesaria para que la agricultura familiar campesina se enlace con el mercado regional y extraregional. Esta iniciativa denominada localmente “Recupera tu huerto familiar”, pretende entregar una base teórica y práctica al desarrollo del rubro frutícola en la Agricultura Familiar Campesina, como a su vez, estimular y orientar las inversiones en este ámbito.

El presente documento muestra los resultados que INDAP Aysén, bajo la figura de una Consultoría Especializada para determinar zonas con potencial frutícola en la región de Aysén en base a herramientas de teledetección, lo cual servirá de orientación para las políticas institucionales (saber cuántas hectáreas potenciales tiene el territorio regional, cómo se distribuyen, cuál es el uso actual de ese territorio, cuánta superficie se encuentra en manos de la AFC, cómo intervenir para superar brechas, etc.)

Podemos indicar que este trabajo, será de gran ayuda e información para: posicionar los programas de fomento (Riego, PDI, Inversión Prodesal, PDTI, SIRSD-S, SAT Especialidades, etc.); insumar a los Centros regionales de investigación, Institutos y Universidades (en la formulación de estrategias de intervención); a los inversionistas privados, entre otros, permitiendo un reordenamiento territorial en base a sus vocaciones productivas de la región.



Cerezos Cuartel 1

Variedad: Bing y Van

Carlos y Gloria son Felices

1. INTRODUCCIÓN

Este servicio tiene como objeto ubicar las zonas con potencial frutícola de la Región de Aysén, promoviendo la diversificación productiva en nuevos sectores y generando información geográfica digital actualizada que apoye la futura toma de decisiones en el marco institucional del **MINAGRI** en la Región de Aysén y en particular de **INDAP**.

Se trata de un estudio de perspectiva territorial, para el cual se ha generado coberturas de los factores limitantes para distintas especies frutales respecto a la realidad territorial y climática de distintos sectores de la región. El estudio se centra en las siguientes especies frutales de interés; cerezo (*Prunus avium L.*), arándano (*Vaccinium coymbosum L.*), frambueso (*Rubus idaeus L.*), frutilla (*Fragaria x ananassa*) y nogal (*Juglans regia L.*).

Lo anterior, implica la utilización de tecnologías de información geográfica para localización de zonas aptas para el cultivo de frutales. En los últimos 30 años la tecnología ha avanzado de forma significativa; Específicamente los Sistemas Información Geográfica (SIG) se han acercado como herramientas útiles para estudios de múltiples disciplinas, permitiendo generar, procesar y representar información geográfica. Siendo en la actualidad, un sistema de apoyo para las decisiones espaciales multidisciplinares (Sancho, 2001). Una gran ventaja de la utilización de herramientas SIG es la multitud de variables que se pueden interpolar, permitiendo un diagnóstico coherente y más cercano a la realidad local para la localización, por ejemplo, de zonas de frutales óptimas.

1.1. PROBLEMÁTICA

La Región de Aysén tiene una superficie de 108.494,4 km². Las actividades productivas primarias, se vinculan al sistema ganadero e industria forestal.

Sin embargo, en los últimos años, los lineamientos estratégicos de desarrollo rural definidos por las autoridades buscan una matriz productiva diversa, enfocándose en rubros con potencial económico que permitan mejorar los ingresos de las familias del sector rural. En especial se pretende direccionar un desarrollo frutícola de la región, que en la actualidad se concentra en las comunas de Chile Chico y Río Ibáñez.

Para la identificación de zonas con potenciales frutícolas, se da la problemática de una falta de coberturas climáticas de la región de mayor resolución espacial y más acorde con la realidad climática de la región.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este estudio va a crear un marco referencial para orientar futuras políticas de desarrollo, focalizándose en la aplicación de los instrumentos de fomento disponibles para el apoyo de la Agricultura Familiar Campesina.

Desarrollando la posibilidad de generar nuevos rubros en la región y, de ese modo, afianzar la economía regional con la diversificación de actividades.

Al ser el objeto de estudio la identificación de zonas con potenciales frutícolas, hay que realizar un estudio de cada una de las especies de interés, identificando los valores que son potencialmente positivos para su implantación territorial.



Junto con lo anterior, se pretende desarrollar una metodología y protocolo de trabajo para definir una base cartográfica válida para el cálculo de zonificación, a través, del estudio de los factores a considerar. Teniendo en cuenta, que la identificación de zonas será la interrelación de diferente información territorial (temperatura, precipitación, suelos, propiedad, disponibilidad de recurso hídrico, etc.), de la cual habrá que generar coberturas digitales.

Estudiando la problemática se ve la necesidad de generación de coberturas climáticas de la región. Estas coberturas han de hacerse a nivel regional, ya que, si se hacen estas coberturas únicamente en los valles productivos, los modelos estadísticos generarían errores en el dato.

Siendo estas coberturas de gran interés para diversas áreas de estudio y para múltiples instituciones. La modelización de los escenarios del clima, ayuda al estudio de su impacto en diferentes áreas, para poder afrontar una adaptación local a estos cambios, minimizando de este modo los impactos negativos y aprovechando al máximo los impactos positivos.

Se plantea la necesidad de generar herramientas de ordenación y valorización territorial, a escala de detalle, que permita una orientación real y más certera de las inversiones en las unidades productivas, lo cual, potenciará la productividad y sostenibilidad de los recursos de la Región. Se trata de unos insumos válidos para un posterior tratamiento de la ordenación del territorio, enmarcándose en todos los proyectos futuros de gestión territorial en diversos ámbitos.

Considerando las características de información, y queriendo realizar un proyecto íntegro y óptimo, es necesario dar preferencia al uso de tecnologías de información geográfica como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección. Si bien existen técnicas tradicionales de manejo de la información, éstas no permiten conformar una visión integrada del territorio, son poco eficientes con grandes volúmenes de información y no permiten una fácil distribución al público interesado.

1.3. ANTECEDENTES

Uno de los principales antecedentes respecto a la metodología es el artículo “*Modelos de las zonas adecuadas de adaptación del Tejocote (Crataegus mexicana DC.), por efecto del cambio climático*”, publicado en Agronomía Mesoamericana en 2012. El Campo Experimental Bajío (INIFAP), México, han realizado en los últimos años múltiples estudios sobre distribución de cultivos potenciales y caracterización agroclimática. En este antecedente metodológico, se destaca el antecedente en área climática ‘*Cartografía de escenarios climáticos en Aragón para el período 2041-2070 y su variación respecto a 1961-1990*’, por su método a la hora de hacer modelización espacial de datos. Por otro lado, también es importante la referencia a métodos de interpolación como los descritos en *Cartografía de precipitaciones y temperaturas en el valle medio del Ebro mediante la utilización de diferentes técnicas estadísticas* (Vicente-Serrano y Saz, 2002).

Dentro del marco de los Sistemas de Información Geográfica hay múltiples manuales teórico-prácticos



para una buena gestión y estructuración de los datos y su posterior visualización (Mancebo, S. 2008) además de múltiples estudios aplicados de zonificación dentro de la gestión del territorio que serán un aporte metodológico.

Además, se incorpora como antecedente las coberturas regionales disponibles, los insumos para el análisis, coberturas que fueron proporcionadas por INDAP Región de Aysén. Parte de esta información levantada por el Programa “Levantamiento para el Ordenamiento de los Ecosistemas de Aysén” aportan resultados cartográficos a gran escala. Si bien en este estudio se trabajó sobre la base de información climática disponible a escalas no muy detalladas, pretende ser un avance sustancial para definir sectores que presenten alguna vocación productiva frutícola, dando valor e integrando información vectorial de variables suelos, propiedad, solicitudes de derechos de aprovechamiento de agua, etc., las cuales han sido trabajadas regionalmente por el Ministerio de Agricultura con fondos sectoriales y regionales. Los avances en materia de información de suelos son relevantes, hasta el año 2010 la Región de Aysén contaba con información de suelos a escalas 1:150.000, entregadas por estudios de CIREN o IREN CORFO (1979), basadas en la metodología de consociación de suelos, cuyas estadísticas entregaban menos de un 1% de la superficie regional con potencial agrícola, sin embargo proyectos como “Transferencia de Modelos de Gestión Territorial en Cuencas de Aysén” (SAG-FNDR) o “Caracterización Taxonómica de los Suelos de los valles de interés Agropecuario de la Región de Aysén” (INIA-UDEC-SAG 2014), entregan cifras más auspiciosas, donde se presenta un territorio u poco más extenso para poder focalizar prácticas de fruticultura.

2. OBJETIVOS

El Objetivo General en el que se centra el proyecto es identificar las zonas con potencial frutícola de la Región de Aysén, a través de análisis SIG, para las especies frutales de interés; cerezo (*Prunus avium*L.), arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), frambueso (*Rubus idaeus* L.), frutilla (*Fragaria x ananassa*) y nogal (*Juglans regia*L.) promoviendo la diversificación productiva en nuevos sectores y generando información geográfica digital actualizada como herramienta de apoyo a las decisiones y focalizaciones de instrumentos que fomenten este rubro.

De este objeto de estudio principal se derivan los objetivos específicos:

- Identificar los principales factores limitantes de las especies de interés.
- Generar tabla de limitantes por factor para cada una de las especies.
- Generar coberturas estacionales de los datos climáticos a escala regional, en concreto temperaturas máximas, mínimas y precipitación media.
- Generar isotermas e isoyetas de la región.
- Analizar territorialmente los resultados obtenidos para cada especie
- Transferir capacidades respecto la interpretación y manejo de la información digital generada a los profesionales dependientes de INDAP, Región de Aysén.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA REGIÓN DE AYSÉN

La XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, se encuentra delimitada al Norte por la X Región de los Lagos y al Sur por la XII Región de Magallanes.

La región presenta una extensa superficie de aproximadamente 108.500 Km², teniendo una densidad poblacional de 0,8 hab/km², una de las más bajas de Chile, con unos fuertes procesos de concentración de la población en las comunas de Coyhaique y Aysén.

La agricultura se ha desarrollado hacia el consumo local, a través del uso de invernaderos.

Los principales cultivos son la papa, avena, arvejas, habas, lechugas, ruibarbo y algunos berries. Centrándonos en frutales, se ha desarrollado en el sector de la cuenca del Lago General Carrera, dándose cultivos de manzana, damascos y cerezas con fines de exportación.

Un aspecto importante a considerar, es la relación de la superficie total de la región con aquella superficie que es efectivamente utilizada para el desarrollo de alguna actividad económica, de las 10.800.000 has de superficie solo alrededor de 2.000.000 de

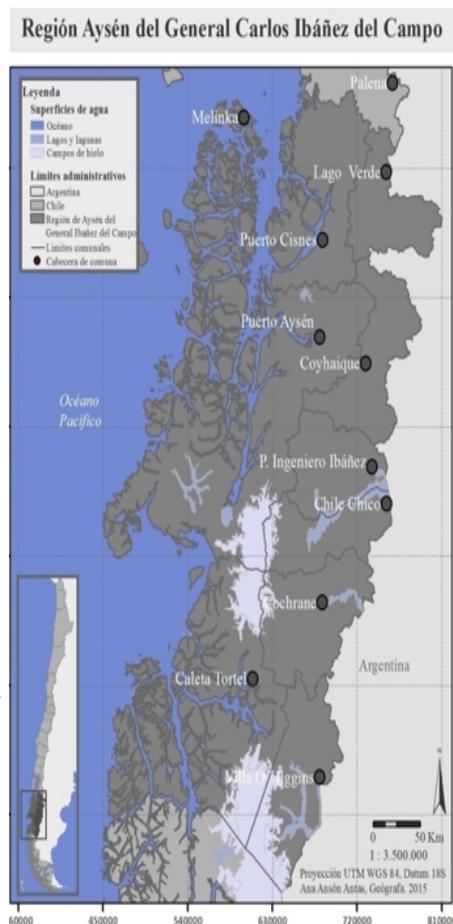


Figura 1. Mapa de localización.

hectáreas están en manos de particulares (CIREN, 2005) y es en esta superficie donde se deben armonizar todos los usos posibles y todos los actores económicos. La restante superficie es fiscal con una alta proporción de áreas administradas bajo el Sistema Nacional de Áreas Silvestre Protegidas por el Estado (SNASPE), por lo tanto, el identificar zonas que permitan diversificar la oferta productiva y poder generar desarrollo económico para las familias del sector rural de Aysén es, sin duda, una de las tareas más relevantes para la institucionalidad pública.

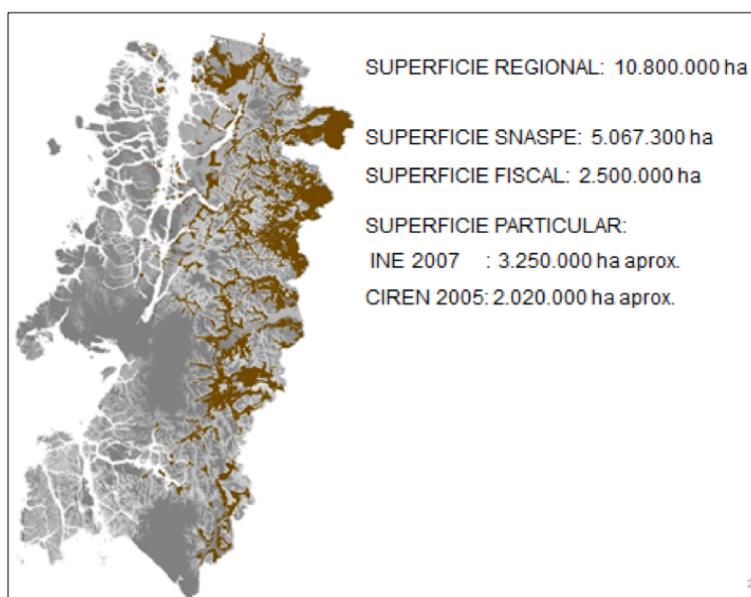


Figura 2. Distribución de superficies Región de Aysén, según tipo de tenencia.

Fuente: SAG, 2010 Unidad SIG Región de Aysén.

4. METODOLOGÍA

4.1. DEFINICIÓN DE CRITERIOS EDAFOLÓGICOS

Durante esta fase, se recopiló información bibliográfica de los aspectos técnicos en proyectos de investigación internacionales, regionales y locales de aquellos factores de referencia de las 5 especies de interés: cerezo (*Prunus avium* L.), arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), frambueso (*Rubus idaeus* L.), frutilla (*Fragaria x ananassa*) y nogal (*Juglans regia* L.).

Se generó una tabla resumen de factores con los rangos óptimos promedio de variables climáticas, para cada una de las especies frutales, conforme a la información recopilada en la etapa anterior. Para el análisis de esta información se realizaron diversas reuniones para definir los criterios junto con diversos funcionarios de **INDAP**, dada la importancia de una buena selección de criterios para el resultado cartográfico de este estudio. Se partió inicialmente por la siguiente tabla obtenida a partir del Boletín Técnico del **INIA** que identifica aquellas variables climáticas más relevantes para estos cultivos, trabajada en conjunto con **INDAP**.

Especie	Arándano	Frambuesa	Nogal	Cerezo	Frutilla
Duración ciclo vegetativo	210 días	190 días	230-250 días	180-210 días	290 días
Rendimiento con alta tecnología	150 qqm/há	120 qqm/há	35 qqm/há	90 qqm/há	200 qqm/há
Sensibilidad a heladas	Sensible	Muy sensible	Sensibilidad media	Sensibilidad media	Muy sensible
Etapa o parte más sensible a heladas	Floración	Fruto recién formado	Floración	Fruto pequeño	Floración
Temperatura crítica daño por helada	-1° C	-0,7° C	-2° C	-1,5° C	-0,5° C
Temperatura base mínimo crecimiento	7° C	7° C	10° C	7° C	7° C
Rango de temperatura óptima crecimiento	16 a 25° C	14 a 19° C	21 a 28° C	18 a 24° C	18 a 25° C
Límite máximo de crecimiento	28 a 30° C	> 28° C	>38° C	>36° C	>32° C

Tabla 1. Requerimientos climáticos por especie frutal.

Según Donoso y Lemus (INIA), desde la Brotación hasta la maduración de los frutos y posterior cosecha, los frutales transitan por diferentes estados fenológicos. Estas transiciones, están directamente relacionadas con las temperaturas que se presentan desde que la planta ha finalizado su proceso de acumulación de frío invernal para romper el receso (lo que ocurre generalmente en el mes de agosto).

El concepto de Grados Días, corresponde a la suma térmica por sobre un umbral o base de temperatura para alcanzar un determinado estado fisiológico. Este umbral depende de la especie, estado fenológico y estado fisiológico. Según Santibáñez y Uribe (2001), para las especies de origen templado el umbral de temperatura es de 5°C y para las especies tropicales y subtropicales es de 10°C; mientras que Gil (2000), propone como umbral de crecimiento una temperatura de 10°C, aceptando 5°C en los primeros estados de desarrollo.

Si se analiza la acumulación de grados día (GD) para la especie manzano, obtenida de cartilla técnica *“Importancia del Uso de Registros Agroclimáticos Grados Día”* de SEPOR (Servicio de Programación y Optimización del uso del Agua de Riego), se observa que el 16% de los GD que se acumulan hasta época de cosecha, se acumulan en los primeros estados de desarrollo del mes de septiembre tomando como referencia lo que ocurre en la zona central de nuestro país (Yema abierta, puntas verdes, ramillete expuesto, botón rosado).

Estado Fenológico	Fecha	GDA
Yemas abiertas	01 - 09 - 2007	27
Puntas verdes	04 - 09 - 2007	27
Ramillete expuesto	19 - 09 - 2007	44
Botón rosado	28 - 09 - 2007	55
Plena flor	04 - 10 - 2007	72
Inicio caída de pétalos	05 - 10 - 2007	76
Fin caída de pétalos	11 - 10 - 2007	94
Cuaja	15 - 10 - 2007	99
Estado T	10 - 11 - 2007	246
Desarrollo de fruto	20 - 11 - 2007	306
Inicio cosecha	01 - 02 - 2008	964
Fin cosecha	06 - 02 - 2008	1.016
Post cosecha	07 - 02 - 2008	1.025

Figura 3. Estados fenológicos del manzano, fechas y acumulación de GD.
Fuente: SEPOR www.sepor.cl

Si se analiza la acumulación térmica para los primeros estados de desarrollo de frutales post receso invernal, se observa que las temperaturas base de acumulación para estos primeros estados (que ocurren para la mayoría de las especies durante el mes de septiembre), son temperaturas cercanas a los 5°C. La siguiente figura muestra la acumulación de Grados Día para diferentes estados de desarrollo en manzano.

ACUMULACIÓN TÉRMICA POST RECESO REQUERIMIENTOS

Estado Fenológico	4,4 °C	4,4 °C	6,1 °C
	North Caroline	Utah	North Caroline
Punta plateada	2.096	2.078	1.846
Punta verde	2.606	2.586	2.296
Ramillete compacto	4.100	4.066	3.610
Inicio botón rosado	5.007	4.412	4.856
Botón rosado	5.540	5.495	4.882
Primera flor	6.325	6.274	5.575
Plena flor	7.082	7.024	6.242

Figura 4. Acumulación GD para diferentes estados fenológicos de Pomáceas, post Receso Invernal.

Por lo anterior, para la selección de píxeles de acumulación de GD para las diferentes especies, se aplicó la siguiente ecuación:

$$X = (((16\% \text{ de GD} / N_s) + \text{Base } 5^\circ) * 0,16) + (((84\% \text{ de GD} / N_m) + \text{Base } 10^\circ) * 0,84)$$

Siendo, N_s el número de días de septiembre y siendo N_m la sumatoria del número de días de los meses en los cuales las especies logran su desarrollo para cosecha y acumula los GD necesarios.



4.1.1. CEREZO (*Prunus avium*)

Para este análisis, se efectúa una comparación de los datos de requerimientos térmicos del cerezo variedad "LAPINS" entregada por la literatura especializada y los valores reales de estos requerimientos medidos en una serie de años en la localidad de Chile Chico y en distintos estados de desarrollo del cultivo.

Según los datos aportados por la literatura especializada, esta variedad requiere acumular entre 700 a 1300 horas frío (HF), contabilizadas desde la caída de las hojas hasta el comienzo de una nueva etapa de desarrollo, por lo general entre los meses de abril a agosto. Respecto a la acumulación de grado días (GD) en promedio esta variedad debe acumular hasta el período de cosecha una suma de 750 GD en el período comprendido desde el estado de Yema

Hinchada (Principios de septiembre) hasta el período de cosecha (diciembre-enero), el que comprende 153 días. Otros requerimientos son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Requerimientos del cerezo variedad lapins

ESPECIE FRUTAL	CEREZO
Duración ciclo vegetativo	150-210 días
Sensibilidad a heladas	Medianamente sensible
Temperatura Basal de crecimiento	9,2-10°C
Rango de temperatura optima de crecimiento	18-24°C
Suma térmica (Base 10°)	750 GD
Requerimientos Horas Frío	700-1300 HF

Fuente: Elaboración propia adaptado de varios autores.

Por lo anterior, de las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas y desde el período comprendido entre el 01 de septiembre y hasta el 30 de enero (período de 153 días) se seleccionarán píxeles aplicando la siguiente ecuación:

$$X = (((16\% \text{ de } 120 / 30) + 5) * 0,16) + (((84\% \text{ de } 630 / 122) + 10) * 0,84)$$



4.1.2. NOGAL (*Junglans regia*)

El ciclo vegetativo del nogal dura 230 a 250 días, dependiendo de la variedad. La especie resulta medianamente sensible a las heladas y la etapa fenológica más sensible es la floración, en la cual una temperatura de -2°C , ocasiona daño y muerte a las flores. Al igual que otros frutales de crecimiento primaveral, tiene una temperatura mínima de crecimiento de 10°C , una óptima de 21 a 28°C y una máxima de 38°C , sobre la cual se producen pérdidas de producción.

La suma de temperaturas acumuladas entre yema hinchada y madurez de cosecha es en promedio 1.300 grados-días, base 10°C . Grados-días son las temperaturas que se van acumulando día a día, restando a la temperatura media diaria 10°C como temperatura base, entre fines de septiembre a marzo-abril. Como frutal de hoja caduca, requiere de 700 a 1.000 horas de frío para romper la latencia invernal

y comenzar su brotación y floración. Las horas de frío son todas aquellas horas con temperaturas iguales o menores a 7°C que se van acumulando día a día entre mayo y agosto. El nogal es una planta de día neutro, es decir su fotoperíodo (requerimiento de horas-luz) se encuentra entre 10 y 14 horas.

Tabla 3. Requerimientos Nogal variedad serr.
Fuente: Elaboración propia adaptado de varios autores.

ESPECIE FRUTAL	NOGAL
Duración ciclo vegetativo	230 días
Sensibilidad a heladas	Medianamente sensible
Temperatura Basal de crecimiento	10°C
Rango de temperatura optima de crecimiento	21-28°C
Suma térmica (Base 10°)	1300 GD
Requerimientos Horas Frío	700-1000 HF

Respecto a la acumulación de horas frío, es una variable marginal, debido a que los valores de temperaturas de los meses de acumulación este parámetro, son sobrepasados con creces en la Región de Aysén.

Los principales estados fisiológicos del Nogal VARIEDAD SERR para la zona central de nuestro país son los siguientes:

30 AGOSTO: Estado fenológico Yema hinchada.

01-15 SEPTIEMBRE: Estado fenológico Brotación, floración masculina y femenina. Crecimiento de dardos.

15 SEPTIEMBRE- 15 OCTUBRE: Estado fenológico Brotación, floración masculina y femenina, crecimiento radicular.

30 MARZO -ABRIL: Estado fenológico Abertura del pelón y cosecha en variedad SERR.

Si se considera la acumulación de GD de esta especie, 1300 GD en el período comprendido entre Yema Hinchada y cosecha, la selección de píxeles del modelo estadístico de temperaturas medias mensuales debiera ser de la siguiente manera:

De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas y desde el período comprendido entre el 01 de septiembre y hasta el 30 de marzo (212 días), se seleccionarán píxeles aplicando la siguiente ecuación:

$$X = (((16\% \text{ de } 1300 / 30)+5)*0,16) + (((84\% \text{ de } 1300 / 184)+10)*0,84)$$



4.1.3. ARANDANO (*Vaccinium corymbosum*)

De acuerdo a los requerimientos de clima y suelos del arándano, según estudios de INIA Tamel Aike, la zona húmeda de la región es la que posee mejores ventajas comparativas para el desarrollo de este cultivo a escala comercial, la menor incidencia de heladas (octubre a abril), temperaturas que en promedio alcanzan los 12 grados, la menor incidencia de vientos que alteren la producción y las precipitaciones que superan los 2000 mm asegurando el recurso hídrico para el mes más crítico enero, son las variables que destacan en esta ecorregión.

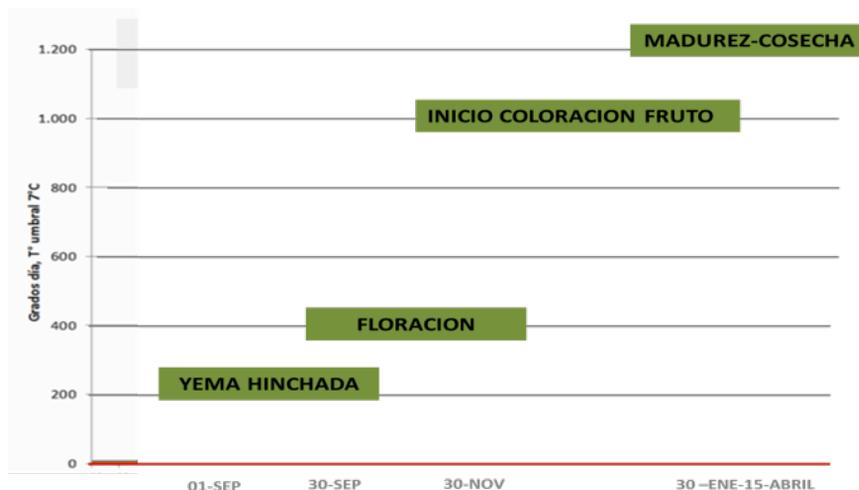
Respecto a los cultivares, solo el arándano alto *Vaccinium corymbosum*, posee aptitudes de adaptación para ser cultivado comercialmente.

Respecto a los requerimientos climáticos de esta especie, según su estado de desarrollo, la literatura consultada y los

datos de producción local en la comuna de Aysén, indica que el arándano debe acumular 1200 GD desde el estado fenológico de Yema Hinchada hasta la madurez y cosecha del fruto, este último período puede extenderse en la zona central de nuestro país desde fines del mes de enero hasta mediados del mes de abril, como se ve en la siguiente figura.

Figura 5. Estados fenológicos del Arándano *Vaccinium corymbosum*, adaptado a la localidad de Puerto Aysén (Elaboración propia a partir de datos locales)

Si se considera la acumulación de GD de esta especie, 1200 GD en el período comprendido entre Yema Hinchada



y cosecha, la selección de píxeles del modelo estadístico de temperaturas medias mensuales debiera ser de la siguiente manera:

De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas y desde el período comprendido entre el 01 de septiembre y hasta el 01 de marzo (período de 181 días) se seleccionarán píxeles aplicando la siguiente ecuación:

$$X = (((16\% \text{ de } 1200 / 30) + 5) * 0,16) + (((84\% \text{ de } 1200 / 153) + 10) * 0,84)$$



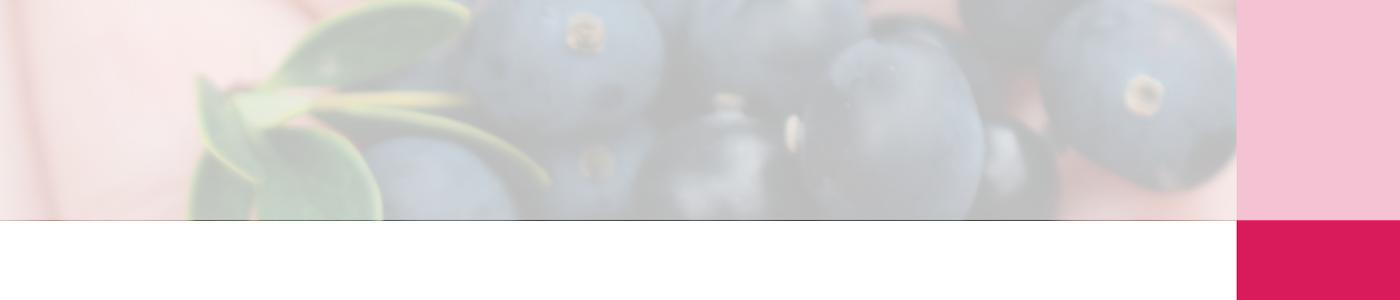
4.1.4. FRAMBUESO (*Rubus idaeus*)

La frambuesa es un arbusto perenne de la familia de las Rosáceas, caracterizada por poseer raíces primarias y secundarias leñosas que se desarrollan especialmente en forma horizontal y que poseen la capacidad de emitir brotes. Los tallos alcanzan alturas superiores a 2,0 metros en condiciones favorables. Los frutos son pequeños, ovoides o subglobosos de color rojo, negro o púrpura, de 2,5 a 4,0 gr de peso, que se desprenden fácilmente del receptáculo al madurar. Existen dos tipos generales de frambuesas, las remontantes que tienen dos épocas de producción, cuya primera cosecha se extiende desde fines de noviembre hasta inicios de enero y la segunda cosecha va desde febrero hasta mayo. El otro tipo son las no remontantes que fructifican una vez al año, desde fines de noviembre a enero



Es una planta que se adapta bien en climas templados con inviernos fríos y veranos calurosos y cortos, características que puede presentar la región de Aysén. Los principales requerimientos climáticos son:

- **Frío Invernal:** Para romper la latencia y darle un estímulo para un crecimiento vigoroso durante su posterior estación de crecimiento, necesita entre 750 y 1.700 horas-de frío.
- **Temperatura:** Requiere una estación calurosa corta. El calor excesivo y frecuente provoca una serie de trastornos en las funciones de la planta que se traduce” en una menor calidad del fruto y una baja producción comercial.
- **Heladas:** Resiste las heladas de invierno, pero las heladas de primavera pueden ser perjudiciales al coincidir con la primera floración, lo que disminuye la producción y la calidad del primer fruto.
- **Lluvias:** Las lluvias demasiado frecuentes durante la maduración del fruto afectan su producción comercial, a través de una mayor incidencia de enfermedades fungosas (botrytis) y la pérdida de la firmeza del fruto: La falta de agua en forma prolongada afecta negativamente el tamaño del fruto, puede realizarse el cultivo en condiciones de secano, aunque con menores rendimientos. Niveles de precipitación entre 800 y 1.300 mm por año son favorables para la planta, así como también zonas con humedad atmosférica elevada
- **Viento:** Es una limitante para el cultivo, ya que puede quebrar los nuevos brotes en desarrollo, producir heridas en los vástagos, deshidratación de los tejidos de la planta y hasta puede provocar una caída prematura de los frutos. Además, puede afectar negativamente la polinización al impedir el vuelo de las abejas.



Si se considera la acumulación de GD de esta especie, 800 GD en el período comprendido entre Yema Hinchada y cosecha, la selección de píxeles del modelo estadístico de temperaturas medias mensuales debiera ser de la siguiente manera:

De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas y desde el período comprendido entre el 01 de septiembre y hasta el 01 de marzo (período de 181 días) se seleccionarán píxeles aplicando la siguiente ecuación:

$$X = (((16\% \text{ de } 800 / 30) + 5) * 0,16) + (((84\% \text{ de } 800 / 153) + 10) * 0,84)$$



4.1.5. FRUTILLA (*Fragaria x ananassa*)

La frutilla, puede cultivarse en una amplia variedad de climas, pero los mejores rendimientos se obtienen en zonas templadas, sin vientos ni heladas en primavera, y sin lluvias ni elevadas temperaturas en épocas de cosecha. En lugares de inviernos templados (costa), la planta puede desarrollarse bien y producir temprano, logrando mejores precios.

El grado de desarrollo vegetativo y la floración de estas plantas depende de:

- Frío recibido antes de su plantación
- Fotoperíodo (cantidad de horas de luz)
- Temperaturas durante el desarrollo.

Es así como la adaptación de una variedad a un área determinada dependerá de su comportamiento bajo las



condiciones específicas del lugar. Temperaturas superiores a 32°C en general pueden producir abortos florales. Temperaturas menores a 20 °C durante el crecimiento estimulan la floración. Las raíces se desarrollan mejor con temperaturas mayores a 12 °C en el suelo; lo cual se puede lograr o manejar con la utilización de una cubierta o “mulch”. Temperaturas altas otoñales, pueden limitar el desarrollo y tamaño de las yemas florales, efecto que se notará en la producción de frutos de menor tamaño en la siguiente primavera, por lo que se prefieren climas con otoños más bien fríos. Temperaturas por debajo de 12°C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío, en tanto que un clima muy caluroso puede originar una maduración y una coloración del fruto muy rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización.

Se distinguen dos tipos de variedades: las de días cortos y las de días neutros. Las primeras tienen un período de receso; como su nombre lo indica y necesitan días cortos para inducir yemas florales. Las segundas pueden producir flores en distintas épocas, sin importar el largo del día, por lo cual son capaces de dar fruta durante casi todo el año si el clima lo permite.

Las variedades de días cortos son las que más pudieran adaptarse a la región de Aysén donde la variedad Camarosa es la más cultivada en el país, siendo además la más apetecida en los mercados, tanto para producto en fresco como congelado. Respecto a limitantes climáticas, temperaturas anuales promedio de 12°C pudieran cubrir los requerimientos de esta especie para cultivo al aire libre, siendo más importante la incidencia de vientos y heladas tardías como variables negativas para este cultivo.

Para el caso de este trabajo, se seleccionaron píxeles cuyas temperaturas medias anuales sean iguales o superiores a 12°C, dejándose de manifiesto la necesidad de poder analizar esta información con las variables climáticas restrictivas antes enunciadas.

4.2. GENERACIÓN DE COBERTURAS CARTOGRÁFICAS

4.2.1. DATOS DE ORIGEN Y OBTENCIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS

En primer lugar, se obtuvo una base cartográfica básica para el objeto de estudio, como la capa de capacidad de uso de suelo regional, base de datos de derechos de agua, mosaico de propiedad predial del S.I.I. – CIREN y actualizaciones de la malla predial ejecutadas por el SAG, cuerpos de agua, red hídrica, red vial, localidades, límites comunales. Proporcionadas por INDAP para utilizar en el presente estudio.

Junto con esto, se inició con la descarga de coberturas en bruto de las coberturas climáticas mundiales de WorldClim.

Para ello, se reunió información sobre la descarga, las características de la base climática y su utilización. Por otro lado, se procedió la descarga de DIVA-GIS versión 7.1., un software libre necesario para la descarga de los datos de WorldClim (Hijmans et al, 2004). Este software está especialmente diseñado para generar algoritmos de distribución de especies, para lo cual se alimenta de las variables climáticas de WorldClim. Teniendo una gran gama de productos a diferente escala espacial. En este caso, se descargaron los datos a resolución 2,5m, lo que nos da un tamaño de píxel de 1km de lado. Los datos necesarios descargados fueron la temperatura media máxima, temperatura media mínima y precipitación de cada uno de los meses del año. WorldClim proporciona un promedio referencial del período comprendido entre 1950-2000. Este apartado, se extrajo para toda la extensión de Aysén. Estas fueron seguidamente transformados a una proyección UTM WGS1984, Datum 18S. Ya que la mayoría de información regional, tiene dicha proyección.

Para aumentar la resolución espacial de los datos climáticos, se extrajo el valor de píxel de cada uno de las variables en cada mes en una malla de puntos. Esta malla es necesaria para poder interpolar espacialmente los datos para generar una malla de información continua, sea bien con un método local, un método geoestadístico o un método global. En específico con dos métodos, en el caso de las



temperaturas se trabajó el método global que se adapta mejor a las tendencias espaciales de los datos y en el caso de la precipitación, se optó por el método local que capta mejor las características espaciales próximas a los observatorios (Ansón, 2011). Este cambio se efectuó debido a que en el caso de la precipitación los estadísticos de colinealidad para aplicar un método global, daban un error estadístico superior a lo esperado, por lo que la aplicación de dicho método daba resultados espaciales que no se adaptaban a la realidad regional.

4.2.2. MODELIZACIÓN GLOBAL DEL PERÍODO 1950 - 2000

Antes de realizar los métodos de interpolación se realiza una exploración previa de la información y se preparan los datos para su posterior tratamiento, con un tamaño de celda de 30 metros. Es necesario comprender su obtención y los errores sistemáticos implícitos en los mismos y se explicará el pre-procesamiento de los mismos. Por otro lado, se argumentarán las decisiones tomadas para este análisis y el método de modelización espacial utilizado en los dos análisis realizados.

Para la realización de la regresión global, además de la extracción de los valores de temperatura en una malla continua de puntos, se necesitó la adquisición del Modelo Digital de Terreno (MDE), ASTER DEM, y a su vez generar otras coberturas espaciales de información; la latitud, longitud y distancia a cuerpos de agua.

Para generar la longitud y latitud, se utilizó la misma malla de puntos generada para la extracción de valores climáticos. Para la cual se calculó su valor de longitud y latitud en un nuevo atributo de tabla. Una vez obtenido el dato puntual, se realizó una interpolación espacial local, en específico con el método de inverso a la distancia IDW, tanto para el dato de longitud, como para la latitud. Posteriormente, se convirtió el dato a ráster utilizando la misma unidad de píxel que los datos del MDE.

Para generar la distancia a cuerpos de agua, se utilizaron dos coberturas de entrada, el MDE y una cobertura vectorial de cuerpos de agua, que integraba el Océano Pacífico y los lagos de mayor magnitud de la región. Con estas coberturas, se calculó la distancia de cada píxel del cuerpo de agua más cercano, utilizando la función ráster de coste de distancia, proporcionando el valor en metros, con un píxel de 30 metros

Con estas coberturas de entrada, ya se tienen los recursos necesarios para realizar el método global. Por lo que, en la misma capa de malla de puntos en dónde se extrajo el valor de temperatura, este tipo de método se suele aplicar sobre los valores puntuales de los observatorios climáticos sobre los datos mensurados. Para la presente propuesta no es posible utilizar los datos de estaciones meteorológicas presentes en la Región de Aysén, dada la baja densidad de observatorios existentes, es por ello que se va a usar como insumo base la información mundial proporcionada por WorldClim.

Partiendo de las tablas generadas en el pre-procesamiento en la malla de puntos, se va a aplicar una interpolación de los datos de temperaturas medias máximas y medias mínimas con un método global. Los métodos globales utilizan toda la información disponible en el área de estudio, recurriendo a información externa para la estimación, desde las coordenadas de cada punto a variables estructurales más complejas. Son métodos inexactos en dónde la variable predicha en los puntos de muestreo difiere a lo observado.

En este caso, se va a aplicar el modelo basado en la regresión lineal por pasos (stepwise), ya que la distribución espacial de la temperatura está condicionada por diversos factores; que afectan su distribución espacial. Este modelo permite exportar la relación entre la variable de observación y las variables predictivas de modelado; en este caso el modelo digital de elevaciones (MDE), la latitud (LAT), la longitud (LONG), la distancia a cuerpos de agua (DistAgua); incluyendo estos datos en una hoja de cálculo, se pueden calcular otros parámetros explicativos de la distribución



espacial como el producto del MDE con el resto de variables, la inversa de las variables predictivas y también multiplicadas por el MDE.

La combinación de estas variables para obtener los coeficientes de la regresión de cada variable predictiva, se realiza a través del software SPSS. De este modo, se calculan con procesos correlativos de regresión lineal; los coeficientes y da información sintética del modelo. La tabla de resumen de modelo, muestra las variables incluidas y el porcentaje de varianza explicada por cada una de ellas, así se procede a la elección de los modelos más explicativos, en función del nivel crítico sea 0, eso asegura que hay relación lineal significativa y que el índice de colinealidad indique una tolerancia por encima de 0,1 y un factor de inflación de la variación (FIV) menor de 10. Cuando la colinealidad es perfecta, se estima un único coeficiente, determinado por una ecuación lineal. (Cea M.A.). El proceso correlativo identifica para cada variable las variables predictivas que mejor la definen. Es por ello, que las variables utilizadas en cada modelo son diferentes para cada variable y mes para este espacio de estudio. Es importante destacar que en todas las variables se incorpora el Modelo Digital de Elevaciones (MDE); producto que se denota en cada una de las cartografías, pudiéndose discernir los fondos de valle y zonas de montaña, otras de las variables que más se ha utilizado en la modelización es el inverso a la latitud. En la siguiente tabla se recoge el error estándar de modelización de media de los errores de los 12 meses. Siendo el error estándar de estimación de 1,39, con una representatividad del valor de un 80% en ambas variables.

VARIABLE	R	R CUADRADO	ERROR ESTÁNDAR
TMEDMAX	0,8	0,62	1,39
TMEDMIN	0,8	0,62	1,39

Tabla 3. Error estándar de estimación de las variables de temperatura

A partir de estos coeficientes, se hace la interpolación espacial de cada uno de los meses y variable desde Arc-Map, generando unos ráster de resolución de 30x30 el píxel. Para ello se introducen los coeficientes estandarizados y las variables predictivas del modelo anterior, con la siguiente fórmula.

$Z(x)$ = es el valor a estimar en un punto x,y

b_0 = constante

b_1 y b_2 = Coeficientes de la regresión

P_1 = Valor de la variable 1 en el punto x,y

P_2 = valor de la variable 2 en el punto x,y

De este modo, obtiene una distribución coherente de la variable en la zona de estudio, incluyendo la variabilidad local del clima en esas pautas espaciales globales.

Por otro lado, se realizó un método local para la interpolación de la variable precipitación de todos los meses, ya que el otro método daba datos aberrantes estadística y territorialmente. Así que con la misma malla de puntos generada se realizó el proceso desde ArcGIS para la interpolación local de los datos.

Una vez generados las capas ráster mensuales, se realizan desde el mismo ArcMap los ráster estacionales y anuales. Generando a partir de temperaturas máximas medias y mínimas medias, los datos de temperaturas medias.

Finalmente, todas las coberturas mensuales, estacionales y anuales generadas fueron recortadas respecto los límites regionales haciendo las capas más manejables para la siguiente fase de superposición.

4.2.3. SUPERPOSICIÓN DE INFORMACIÓN

En esta fase se se preparó la cobertura de suelo, pasando a formato ráster la cobertura y haciendo la categorización de los datos. Para la capacidad de uso de suelo, se seleccionó como potencial óptimo los suelos III y IV de todas las subclases, siendo de potencial Vw y VI (todas las subclases) como con potencial medio, y sin potencial el resto de tipos de capacidad de uso de suelo. Generando una tabla con tres valores (0, 1, 2).

Por otro lado, se realizó una cobertura de predios usuarios de INDAP, para ello se empleó la cobertura de mosaico predial del CIREN y una tabla con los usuarios de INDAP, facilitada por el INDAP. Se realizó una selección de todos los roles que aparecían en dicha tabla en el mosaico predial, extrayendo de este modo una aproximación de los usuarios. Se trata de una aproximación debido a que la tabla proporcionada no guardaba relación directa con el tipo de roles establecidos desde el SII-CIREN y también por no tener certificada la actualización de los usuarios reales de dicha tabla.

A partir de las tablas de criterios de los factores limitantes, se realizó una reclasificación de las coberturas, generando coberturas ráster binarias, con una clasificación de apto / no apto como territorio para establecimiento de frutales, generando coberturas ráster binomiales (0,1), según lo descrito y validado en la tabla agronómica en función de los grados días. Para ello, se necesitó sacar las medias de los meses correspondientes para cada especie de crecimiento y se utilizó la herramienta de “Calculadora Ráster”, “reclasificar”. Una vez reclasificadas las coberturas ráster se aplicará la superposición de mapas a partir del álgebra de mapas. Pudiendo hacer un compilado de todas las coberturas limitantes. En particular, el cruzamiento de zonas según grado día y según capacidad de uso de suelo y el cruzamiento de grados día respecto la cobertura de usuarios de INDAP,

en este caso utilizando la herramienta “Combinar”. En el primercruzamiento, se categorizan en tres sectores: zonas sin potencial, zonas con alto potencial y zonas con potencial medio. Proceso realizado para las cinco especies frutales. En el cruzamiento respecto a los usuarios de INDAP se señalan aquellos productores que están próximos (a 100 metros) a un píxel apto para una determinada especie frutal. Finalmente, se generó la cartografía final del servicio teniendo presente la teoría cartográfica de las variables visuales.

Todas las coberturas realizadas en el proceso se realizaron en proyección WGS UTM 1984 con el uso 18 Sur, concordante con la proyección utilizada en las coberturas disponibles de la región. Se ha trabajado con diversos softwares, entre ellos, DIVA-GIS, QGIS, SPSS, ArcGIS (ArcMap y ArcCatalog) y Office Excel.

Se prosiguió con el apartado cartográfico, generando los mapas finales para el Informe, en el cual se tuvieron los criterios óptimos para su realización, incorporando todos los elementos cartográficos imprescindibles en la cartografía y aplicando los conocimientos respecto la teoría del color. Se generaron los siguientes mapas.

En tamaño carta (incluidos en este informe):

- Modelización de la temperatura media anual del período 1950-2000.
- Modelización de la precipitación anual del período 1950-2000.
- Mapeo de los Usuarios de INDAP de la Región de Aysén.
- Zonas con potencial frutícola según la capacidad de uso de suelo.
- Zonas potenciales para la producción (para cada una de las especies)
- Predios potenciales de INDAP para el cultivo (para cada una de las especies)

- Zonas con potencial frutícola para la producción de cerezo en función de los criterios regionales tomados en Chile Chico.

En tamaño DINA-2:

- Modelización de la temperatura media máxima del período 1950-2000.
- Modelización de la temperatura media mínima del período 1950-2000.
- Modelización de la precipitación total estacional del período 1950-2000.

Además, como producto se generó las isotermas e isotermas anuales del promedio del período de estudio 1950-2000. Se generó en formato shapefile para su posterior uso.

4.3. FASE FINAL.

Finalmente, se desarrolló la memoria del proyecto en dónde se analizan los resultados obtenidos a través del análisis SIG. Desarrollando las conclusiones de los resultados obtenidos. Además, se organizó la información digital obtenida para su entrega por medio digital mediante pendrive (formato TIFF, SHP y KML) y se procederá a la impresión de la cartografía una vez validado el informe.

Igualmente, tras la entrega se realizó un taller a los funcionarios INDAP que utilizarán esta información. El taller, tiene por objetivo entregar nociones del uso de estas coberturas, explicando cómo desplegarlas y analizarlas en un software SIG e igual como poder visualizar los KML desde otras plataformas como Google Earth. Se pretende, además, entregar información sobre el error estadístico que conlleva una interpolación espacial de los datos, y la complejidad de

estudiar más a detalle el clima regional por la baja densidad de observatorios, lo importante de este último punto es conocer la necesidad de mejorar la información disponible para aumentar el detalle, focalizar de mejor manera los recursos para la implementación de estos cultivos y potenciar la información climática para diversas áreas del conocimiento.

5. RESULTADOS

En primer lugar, con este estudio, se puso en valor el uso de las herramientas de Sistema de Información Geográfica, siendo de interés para estudios de detalle en el marco de la ordenación del territorio. A partir de estas técnicas, se espera obtener una base de datos integral, completa y dinámica de la región, específicamente en materia climática. Con una estructura óptima metodológica que ayude en posteriores proyectos. Que puedan ser a su vez una estructura válida para su aplicación en otros territorios.

La actualización será un avance que beneficiará a los propios propietarios para potenciar la diversificación de rubros de la región. Siendo de ayuda para los propios organismos que regulan los instrumentos de fomento y para las futuras tomas de decisión política por un desarrollo sostenible de la región.

En este apartado, se va a detallar los resultados obtenidos en tres apartados; descripción climática espacial, descripción de zonificación de suelos y zonificación por especie frutal.

5.1. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA ESPACIAL DE LA REGIÓN DE AYSÉN

La Región de Aysén está caracterizada por sus bajas temperaturas, siendo clasificado en diversas literaturas como clima frío oceánico de bajas temperaturas, con abundantes precipitaciones, fuertes vientos y mucha humedad. Descripción generalizada por la bibliografía de índole general.

Las características del relieve provocan una diferencia de climas entre el sector occidental, formado por islas y archipiélagos, y en el sector oriental tras el límite de la Cordillera Patagónica. Discerniendo una multitud de zonas y valles en transición entre ambos climas diferenciados, siendo común encontrar clima de alta montaña.

En el sector occidental de la Cordillera de los Andes se localiza el clima frío oceánico. Esta zona presenta abundantes precipitaciones, fuertes vientos del Oeste y alta humedad, debido a la orografía abierta a la proximidad del mar. Los datos de observatorios climáticos de Puerto Aysén muestran una precipitación anual de 2.647 mm y una temperatura media de 9 grados Celsius, siendo la temperatura media mínima anual de 6°C y la temperatura media máxima anual de 13°C. La oscilación térmica de estos datos muestra la regulación de las temperaturas de la cercanía al océano.

Por otra parte, en las zonas limítrofes con Argentina, el clima se clasifica como de estepa fría. Esta zona se diferencia de la anterior porque al estar tras la cordillera andina se produce una disminución notable de las precipitaciones. Habiendo una mayor oscilación térmica anual y diaria, dándose unas temperaturas más extremas tanto en mínimas de invierno como de máximas en verano. Respecto a los datos de observatorio, se encuentran los datos de la estación de Balmaceda, que muestra una disminución de la precipitación hasta los 612 mm y una temperatura media

de 6 grados Celsius, siendo la temperatura media mínima anual de 2°C y la temperatura media máxima anual de 12°C.

En transición de estos dos climas, se puede hacer referencia al observatorio climático de Coyhaique – Teniente Vidal, con una precipitación de 1206 mm y una temperatura media de 8 grados Celsius, siendo la temperatura media mínima anual de 4°C y la temperatura media máxima anual de 13°C.

La topografía genera una variada gama de ambientes climáticos que nos llevan desde la aridez de las tierras orientales, hasta la humedad de los archipiélagos pasando por una sucesión de matices derivados de la altitud, la orientación o la compartimentación del relieve, e incluso mostrando zonas de nieves permanentes. Se trata de un espacio climático muy heterogéneo.

En principio, las características del clima aysenino obedecen a una dinámica atmosférica regional, definida por la latitud, la longitud y la interferencia de rasgos oceánicos. Pero en realidad, estos rasgos se relacionan con la posición entre el abrigo de la cordillera Andina, a las diferencias altitudinales y a la configuración topográfica.

Las características esenciales del clima de Aysén son; la aridez reflejada en el eje oriental, la regularidad pluviométrica dada en la proximidad al océano, y el contraste derivado de la orografía y otros agentes influyentes para el clima. Siendo igualmente destacable la acción del viento en toda la Región.

Estos rasgos se pueden observar y estudiar a partir de la cartografía generada para el estudio, se van a analizar los resultados obtenidos para la variable de precipitación y la temperatura media. Estudiando su distribución climática específica en la Región en función de los resultados obtenidos. En primer lugar, en el caso de la precipitación la distribución de la variable se representa altamente influenciado por la longitud y por la cercanía al océano, distribución que es coherente con lo anteriormente descrito. Los meses más

secos son verano y primavera, mientras que los más lluviosos son otoño y primavera en toda la región. Las zonas más lluviosas corresponden al borde costero sur, alcanzando una precipitación anual mayor de 3.600 mm, mientras que las zonas más secas corresponden con los alrededores de Chile Chico con una precipitación anual menor de 400 mm, en general todas las áreas limítrofes con Argentina, presentan una precipitación menor de 800 mm. En la siguiente figura se muestra la modelización de la precipitación anual promedio del período 1950 – 2000 de la Región de Aysén y en anexo 2 se muestra la cartografía de modelización de precipitación total estacional del período.



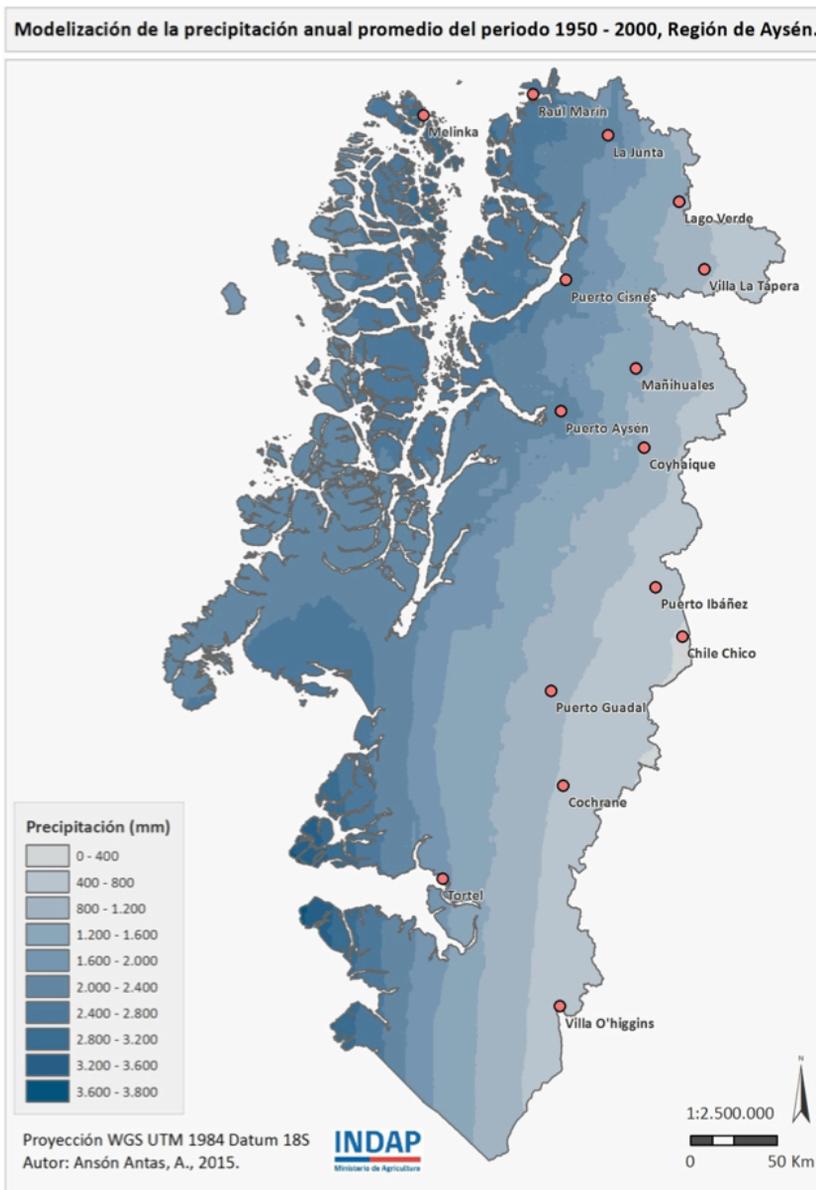


Figura 7. Modelización de la precipitación anual. Promedio 1950-2000.

En segundo lugar, en el caso de las temperaturas medias anuales se muestran entre un rango de -2 a 15°C , mostrando fuerte vinculación con la orografía del territorio, tendiendo a ser los valles más cálidos y las áreas de montañas más frías. Igualmente se llega a apreciar el descenso de las medias de Norte a Sur, e igualmente de Oeste a Este. Respecto a las estaciones, los meses más cálidos de

verano llegan a alcanzar una media de 18°C, mientras que el invierno suele alargarse en los primeros meses de primavera, presentando medias más altas en otoño que en primavera. Ver Anexo 3 y 4 Modelización de temperaturas medias mínimas y medias máximas estacionales.

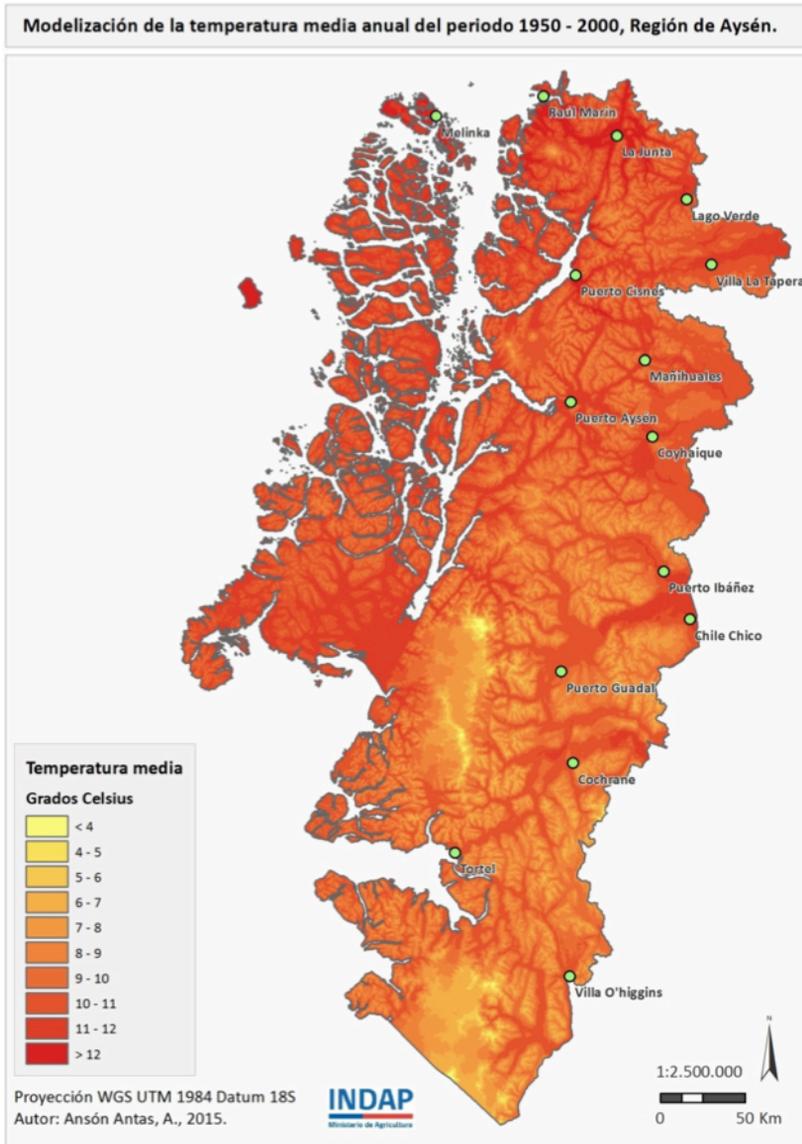


Figura 8. Modelización de la temperatura media anual. Promedio 1950-2000.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos de la Región de Aysén han sido objeto de diversos estudios, con enfoques y objetivos distintos. Uno de los más utilizados para la planificación del territorio en esta austral región fue el estudio IREN-CORFO, del año 1979, con la utilización de fotografías aéreas obtenidas de vuelos CHILAY y USAF cuya fotointerpretación fue vertida en cartas IGM a escala 1:250.000. Los resultados de este estudio, aun cuando fue realizado a una escala general, durante al menos tres décadas, fueron utilizados como base para la focalización de instrumentos tanto de planificación como de apoyo al desarrollo rural de Aysén.

Durante el año 2005 CIREN realizó un estudio taxonómico de suelos, el que permitió definir 20 series de suelos para la Región de Aysén, basados en 20 observaciones de terreno (Calicatas), distribuidas desde la Localidad de la Junta hasta Cochrane.

Durante los últimos dos años el SAG y el Centro EULA de la Universidad de Concepción, desarrollaron el programa de modelos de gestión territorial en cuencas de Aysén, en el cual se generaron coberturas de capacidad de usos de suelos a escala 1:20.000 y 1:10.000 para la zona norte de la Región de Aysén. Además, INIA Tamel Aike, Universidad de Concepción y SAG Región de Aysén realizaron durante el 2014 una caracterización taxonómica de los suelos de valles de interés agropecuario de la Región de Aysén, complementando el trabajo desarrollado por SAG-EULA y completando una cartografía de capacidades de uso de suelos a escala de detalle, insumo base para el análisis del presente trabajo.

De la carta de suelos mencionada con anterioridad, fueron categorizadas las clases de suelos, según la capacidad de acogida de ellos, para la actividad frutícola. Las categorías utilizadas fueron:

- a) Potencial frutícola alto: Suelos Capacidad de Uso III y IV (w, cl, s, e).
- b) Potencial frutícola medio: Suelos capacidad e Uso Vw, VI (w, cl, s, e).
- c) Sin Potencial frutícola: Suelos Capacidad d Uso VII y VIII.

El resultado de esta categorización, se presenta en la siguiente figura:

Zonas con potencial frutícola según la capacidad de uso de suelo de la Región de Aysén.

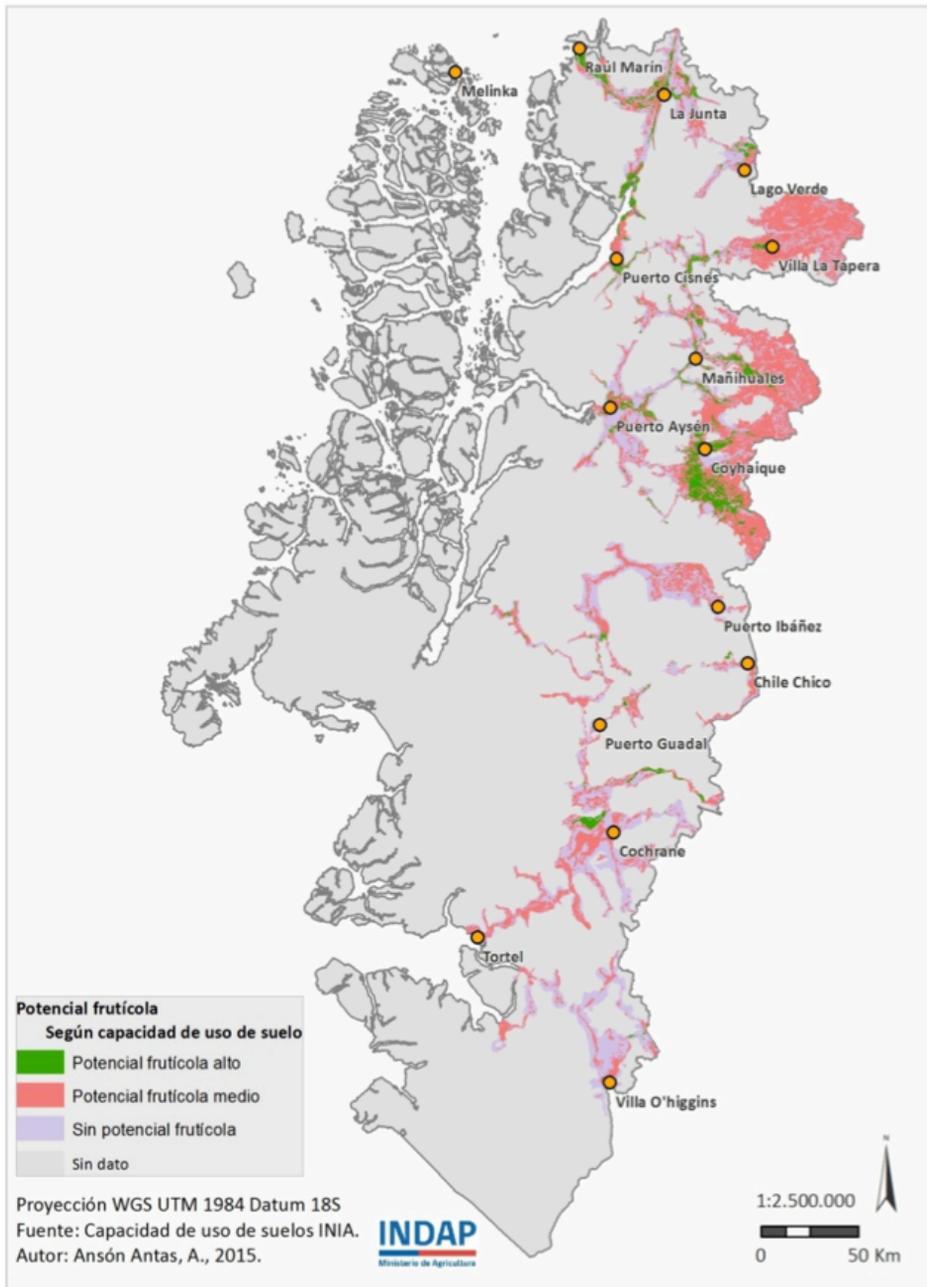


Figura 9. Zonificación de suelos según su capacidad para uso frutícola.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE FRUTALES POR ESPECIE

5.3.1. Determinación de Áreas Aptas para el Nogal

Como se mencionó con anterioridad, el ciclo vegetativo del Nogal dura alrededor de 230 días, dependiendo de la variedad, tiempo en el cual acumula en promedio 1300 GD que comprende los estados de desarrollo entre yema hinchada y cosecha.

La ecuación definida para la selección de sectores de la Región de Aysén, que cumplieran estadísticamente con los requerimientos de esta especie, fue:

$$X = (((16\% \text{ de } 1300 / 30)+5)*0,16) + (((84\% \text{ de } 1300 / 184)+10)*0,84)$$

$$X = 15,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El resultado cartográfico de esta ecuación y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso, se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo del Nogal en la Región de Aysén.

Cabe indicar, que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapan al objetivo del presente trabajo.

Respecto a la zonificación del Nogal, la superficie con potencial es 97.630 hectáreas, es decir un 0,9% de la superficie regional. Destacando que la localización se ubica principalmente en la Cuencas del Río Palena y la Cuenca del Río Cisnes, ubicadas en el sector norte de la región. Teniendo más potencial los valles cercanos a Lago Verde, La Junta, Raúl Marín y Villa La Tapera. Si bien es sabido, que en otras localidades de la región también hay presencia de nogales, como por ejemplo en Cochrane, esta zonificación muestra la potencialidad según los criterios para un buen desarrollo y producción de la especie.

Zonas potenciales para la producción de nogal en la Región de Aysén.

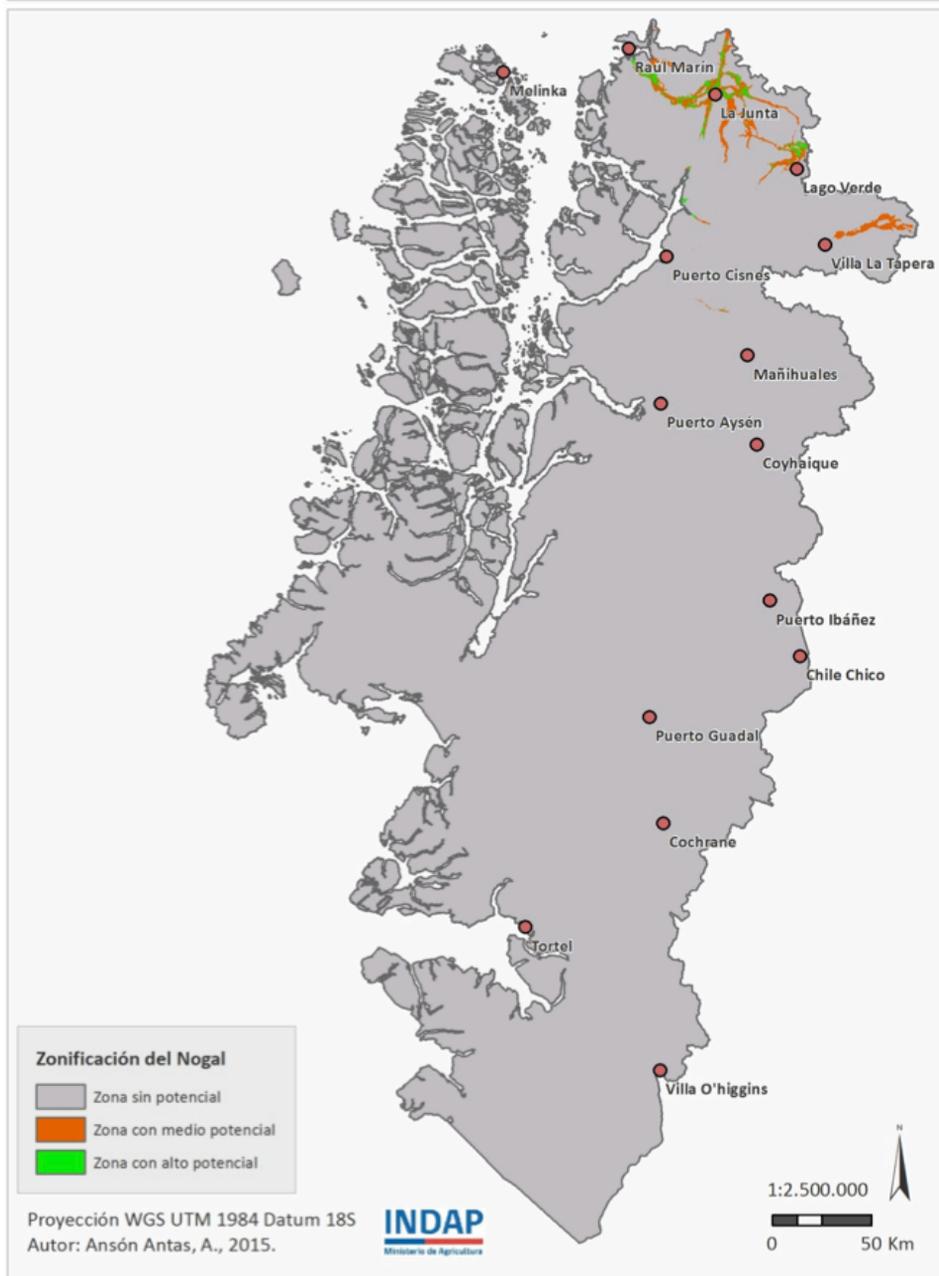


Figura 10. Zonificación potencial para la producción de Nogal.

5.3.2. DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA EL FRAMBUESO

El Frambueso es una planta que se adapta bien en climas templados con inviernos fríos y veranos calurosos y cortos, características que presentan algunas ecorregiones de Aysén. Con respecto a las horas frío para romper la latencia y generar el estímulo de desarrollo (750 y 1.700 horas de frío), estas se alcanzan sin inconvenientes en todas las variantes de clima encontradas en la Región de Aysén.

Si consideramos la acumulación de GD de esta especie, 800 GD en el período comprendido entre yema hinchada y cosecha, la ecuación definida para la selección de sectores de la Región de Aysén, que cumplieran estadísticamente con los requerimientos de esta especie, fue:

$$X = (((16\% \text{ de } 800 / 30) + 5) * 0,16) + (((84\% \text{ de } 800 / 153) + 10) * 0,84)$$
$$X = 13,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El resultado cartográfico de esta ecuación y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso, se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo del Frambueso en la Región de Aysén.

Cabe indicar, que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapan al objetivo del presente trabajo.

En el caso del Frambueso, tiene unas características edafoclimáticas que le proporciona una alta adaptabilidad a la climatología de la región. Por tanto, la superficie con potencial según los criterios es 3.120.513 ha, un 30,5% de la superficie regional. Destacando que la localización se ubica principalmente en valles, excluyendo las partes de montaña en donde es menor la temperatura al aumento de altitud. También podemos observar en el mapa de zonificación como la densidad de potencial descende en la proximidad al océano y la proximidad de glaciares, siendo de mayor potencial en las cuencas del Norte.

Zonas potenciales para la producción de frambueso en la Región de Aysén.

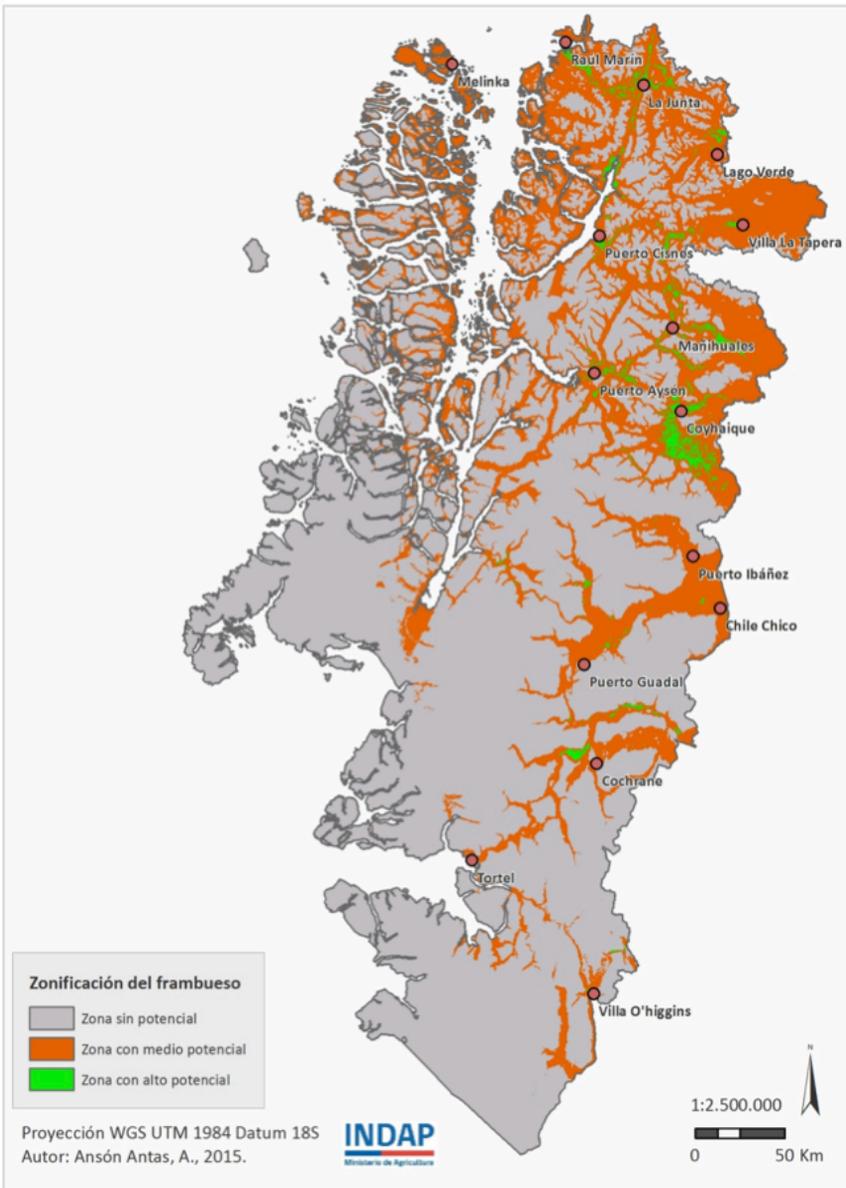


Figura 11. Zonificación potencial para la producción de Frambueso.

5.3.3. DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA EL ARÁNDANO.

Respecto a los requerimientos climáticos de esta especie, según su estado de desarrollo, la literatura consultada y los datos de producción local en la comuna de Aysén, indica que el arándano debe acumular 1200 GD desde el estado fenológico de Yema Hinchada hasta la madurez y cosecha del fruto, este último período puede extenderse desde fines del mes de enero fines del de marzo.

De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas obtenidas del modelo estadístico de clima y desde el período comprendido entre el 01 de septiembre y hasta el 01 de marzo (período de 183 días), la ecuación definida para la selección de sectores de la Región de Aysén, que cumplieran estadísticamente con los requerimientos de esta especie, fue:

$$X = (((16\% \text{ de } 1200 / 30) + 5) * 0,16) + (((84\% \text{ de } 1200 / 153) + 10) * 0,84)$$
$$X = 14,91 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El resultado cartográfico de esta ecuación y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso, se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo del arándano en la Región de Aysén.

Cabe indicar, que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapen al objetivo del presente trabajo.

Respecto a la zonificación del Arándano, la superficie con potencial es 336.628 hectáreas, es decir un 3,4% de la superficie regional. Destacando que la localización se ubica principalmente en las comunas de Cisnes y Lago Verde, ubicadas en el sector norte de la región. Igualmente hay valles con potencial en la comuna de Aysén, Coyhaique, Río Ibáñez y Chile Chico.

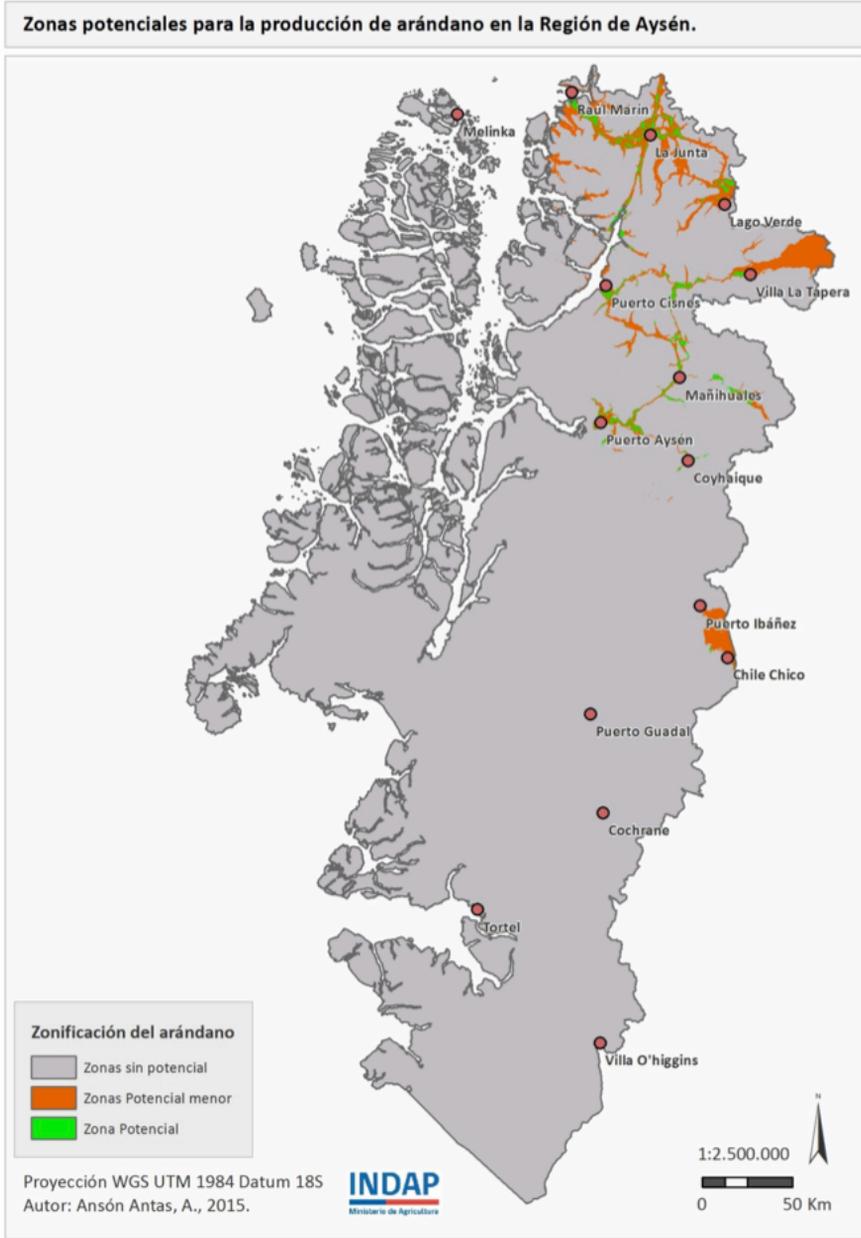


Figura 12. Zonificación potencial para la producción de Arándano.

5.3.4. DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA EL CEREZO

Para el análisis de esta especie en particular, se efectuó una comparación de los datos de requerimientos térmicos del cerezo entregado por la literatura especializada y los valores reales de estos requerimientos medidos en una serie de años en la localidad de Chile Chico y en distintos estados de desarrollo del cultivo; entregándose dos coberturas distintas con los resultados de ambos criterios utilizados.

Según los datos aportados por la literatura especializada, esta variedad requiere acumular entre 700 a 1300 horas frío (HF), contabilizadas desde la caída de las hojas hasta el comienzo de una nueva etapa de desarrollo, por lo general entre los meses de abril a agosto, esta es una variable marginal, debido a que los valores de temperaturas de los meses de acumulación de este parámetro, son sobrepasadas con creces en la Región de Aysén. Respecto a la acumulación de grado días (GD) en promedio esta variedad debe acumular hasta el período de cosecha una suma de 750 GD en el período comprendido desde el estado de Yema Hinchada (principios de septiembre), hasta el período de cosecha (diciembre-enero), el que comprende 153 días. La ecuación definida para la selección de sectores de la Región de Aysén, que cumplieran estadísticamente con los requerimientos de esta especie, fue:

$$X = (((16\% \text{ de } 120 / 30)+5)*0,16) + (((84\% \text{ de } 630 / 122)+10)*0,84)$$
$$X = 14,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El resultado cartográfico de esta ecuación y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso, se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo del Cerezo en la Región de Aysén. Cabe indicar, que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapan al objetivo del presente trabajo.

En el caso del Cerezo, la superficie potencial es de 463.300 hectáreas, un 4,8% de la superficie regional. En ambas

zonificaciones, se destaca el potencial de los microclimas de a borde de grandes superficies de agua como Chile Chico, Río Ibáñez, incluso Cochrane. Igualmente, importante destacar la potencialidad de los valles productivos próximos a Coyhaique, Puerto Aysén, Mañihuales y los valles de las Cuencas del Palena y Cisnes.

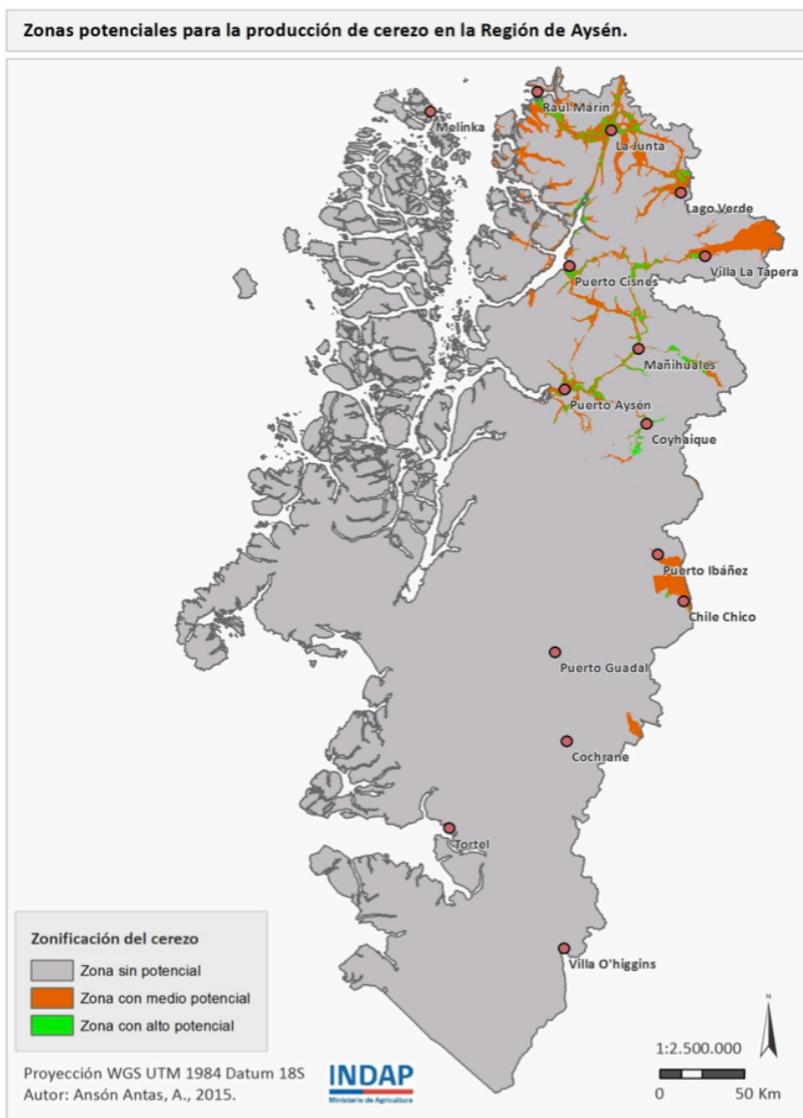
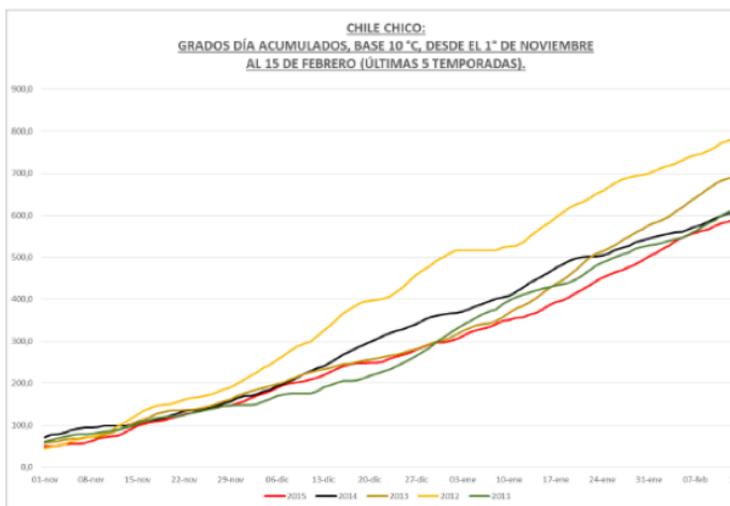
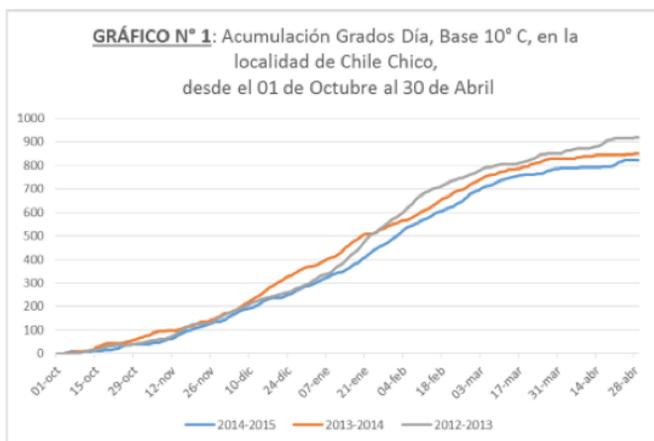


Figura 13. Zonificación potencial para la producción de Cerezo.

A continuación, se presentan gráficamente, datos aportados por INDAP, en seguimiento de una serie de años del cultivo variedad LAPINS con parámetros climáticos locales de Chile Chico.



NOTA: Periodo comprendido entre Fruto Tierno (01/11) y Cosecha (15/01) Variedad LAPINS (Aproximadamente 450 GD).



NOTA: Periodo comprendido entre Plena Flor (01/10) e Inicio Caída de Hojas (30/04) en Variedad LAPINS (Aproximadamente 860 GD).

Gráfico 1. Seguimiento de una serie de años de la variedad Lapins en Chile Chico



Al analizar los datos presentados en gráficos precedentes, la acumulación de GD de esta variedad entre el período comprendido entre fruto tierno a cosecha (01 de noviembre -15 de enero), alcanza en promedio 450 GD para la serie de años estudiada sobre base 10°C. Si se toma en consideración lo descrito en literatura especializada donde la acumulación de GD de esta especie es de 700 GD, la acumulación de GD entre el mes de agosto al 01 de noviembre debiese alcanzar los 300 GD.

Por lo anterior, para efectos de selección de píxeles del modelo estadístico de temperaturas medias mensuales, se procedió de la siguiente manera:

1. De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas y desde el período comprendido entre el 01 de septiembre y hasta el 30 de octubre (período de 61 días), se debe proceder de la siguiente manera:

- a) Acumulación de GD en el período **300 GD**
- b) Días del período **61 días**
- c) GD por día del período $300 \text{ GD} / 61 \text{ días} = 4,91$
- d) Temperatura Base de este período **Base 5°**
- e) Valor del Pixel a seleccionar en el período $4,91^\circ \text{ C} + 5^\circ \text{ C} = 9,91 \text{ valor PIXEL}$.

2. De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas y desde el período comprendido entre el 01 de noviembre y hasta el mes de enero (período de 92 días correspondiente a los estados desde fruto tierno a cosecha), se procedió de la siguiente manera:

- a) Acumulación de GD en el período **400 GD**
- b) Días del período **92 días**
- c) GD por día del período $450 \text{ GD} / 92 \text{ días} = \mathbf{4,89}$
- d) Temperatura Base de este período **Base 10°**
- e) Valor del Pixel a seleccionar en el período $4,91^\circ \text{ C} + 5^\circ \text{ C} = \mathbf{10,49 \text{ valor PIXEL}}$.

El resultado cartográfico de esta ecuación y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo del Cerezo en la Región de Aysén.

Cabe indicar, que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapan al objetivo del presente trabajo.

Zonas potenciales para la producción de cerezo en función de los parámetros de Chile Chico.

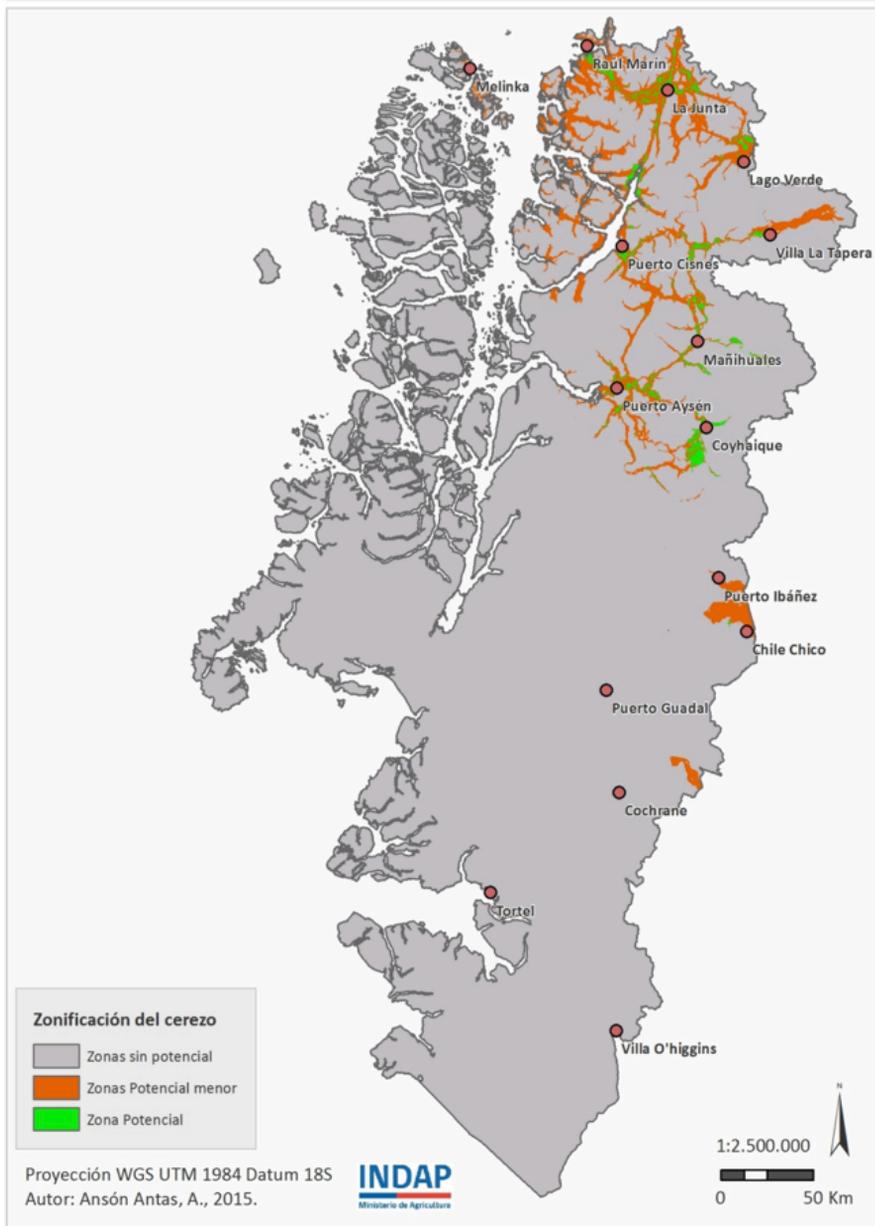


Figura 14. Zonificación potencial para la producción de Cerezo según Grados día de Chile Chico.

5.3.5. DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA FRUTILLA.

La frutilla puede cultivarse en una amplia variedad de climas, pero los mejores rendimientos se obtienen en zonas templadas, sin vientos ni heladas en primavera, y sin lluvias ni elevadas temperaturas en épocas de cosecha.

Para el caso de este trabajo se seleccionaron píxeles cuyas temperaturas medias anuales sean iguales o superiores a 12°C, dejándose de manifiesto la necesidad de poder analizar esta información con las variables climáticas restrictivas antes enunciadas.

El resultado cartográfico de esta selección y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso, se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo de la frutilla en la Región de Aysén.

Cabe indicar que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapen al objetivo del presente trabajo.

El análisis de zonificación potencial para la frutilla representa un 2,69% de la superficie regional, siendo una superficie de 290.340 hectáreas con potencial para la producción. Los valles productivos para la frutilla en función de los criterios recopilados, se centran en los valles de la Cuenca del Palena; Raúl Marín, La Junta y Lago Verde. También en la Cuenca del Cisnes se destaca el potencial de los valles próximos a Puerto Cisnes hasta Villa Amengual y finalmente, se destacan los valles del bajo Río Aysén.

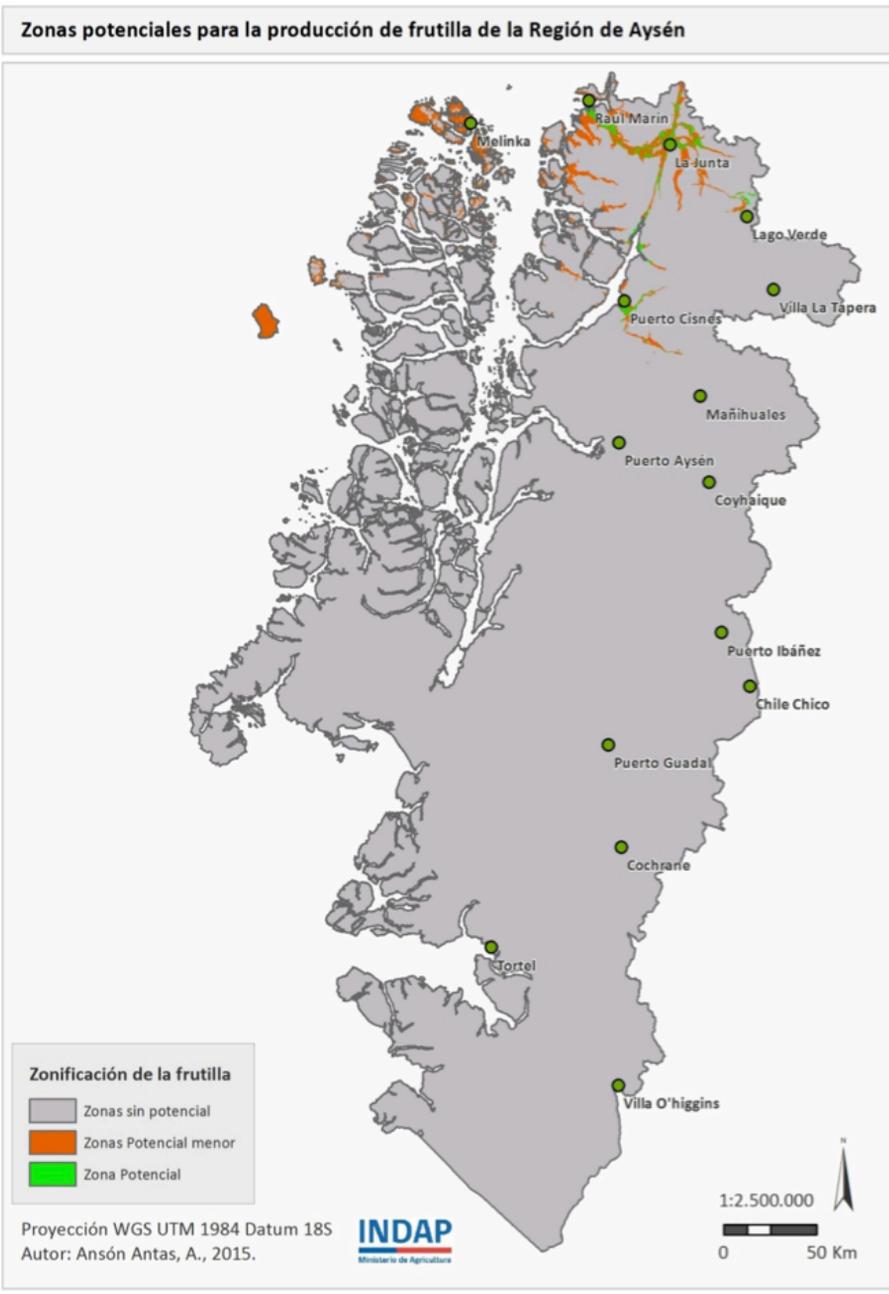


Figura 15. Zonificación potencial para la producción de Frutilla.



Por otro lado, se realizó una selección de los usuarios de INDAP, mediante una tabla de usuarios, haciendo el cruce con el mosaico predial. De los predios usuarios se seleccionó los predios potenciales por especie, seleccionando todos aquellos predios cercanos a 100 metros de un área de potencial para frutales. De esta manera se seleccionó 1.273 predios potenciales para el frambueso, 408 predios para el cerezo, 338 predios para el arándano, 117 predios para la frutilla y 96 predios para el nogal. En los siguientes planos aparecen para cada especie los predios señalizados en color naranja.

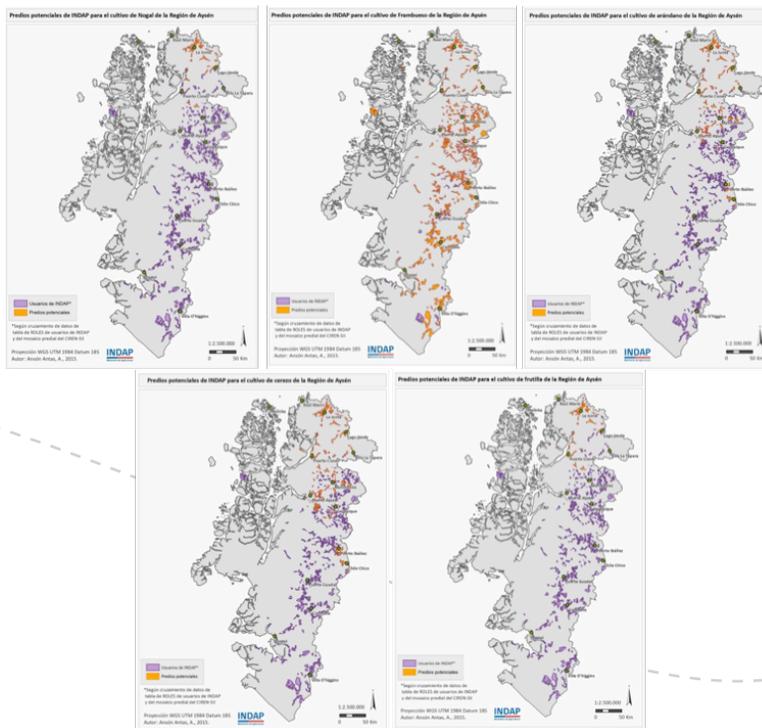


Figura 16. Usuarios de INDAP con potencial para el rubro frutícola

5.5. CAPACITACIÓN: ZONIFICACIÓN POTENCIAL DEL MANZANO

Para la finalización de este estudio, se decidió realizar una capacitación junto con los funcionarios de INDAP, para dar a conocer el buen uso de los datos obtenidos. En dónde se explicó que los datos obtenidos sirven para modelizar otras especies de interés para la región o bien se puede añadir y mejorar los criterios seleccionados para una mejor aproximación al territorio. Para la capacitación, se decidió hacer una ejemplificación de cómo se ha de trabajar una nueva especie paso a paso, eligiendo para la jornada el estudio de la zonificación del Manzano variedad Candelaria.

Respecto a los requerimientos climáticos de esta especie, según su estado de desarrollo, la literatura consultada indica que el manzano debe acumular 900 GD desde el estado fenológico de Yema Hinchada hasta la madurez y cosecha del fruto, que se da a finales de febrero.

De las coberturas ráster de temperaturas medias mensuales acumuladas obtenidas del modelo estadístico de clima y desde el período comprendido entre septiembre y hasta febrero (período de 183 días), la ecuación definida para la selección de sectores de la Región de Aysén, que cumplieran estadísticamente con los requerimientos de esta especie, fue:

$$X = (((16\% \text{ de } 900 / 30) + 5) * 0,16) + (((84\% \text{ de } 900 / 153) + 10) * 0,84)$$
$$X = 14,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El resultado cartográfico de esta ecuación y su cruce con la información de suelos según sus capacidades de uso, se presenta en la siguiente figura. Estos resultados definen las zonas más aptas para el desarrollo del cultivo del manzano en la Región de Aysén. Cabe indicar, que estas coberturas de información pueden ser contrastadas con otras variables de análisis específico para la especie, que escapan al objetivo del presente trabajo.

Respecto a la zonificación del Manzano se destaca los nuevos territorios que abarca las zonas potenciales, como

las cercanías al lago Cochrane y el lago General Carrera. Igualmente destacar el alto potencial para la producción de manzano en las tres cuencas del norte de la región, destacando una concentración mayor en oriente que en las zonas litorales.

Zonas potenciales para la producción de Manzano variedad Candelaria de la Región de Aysén

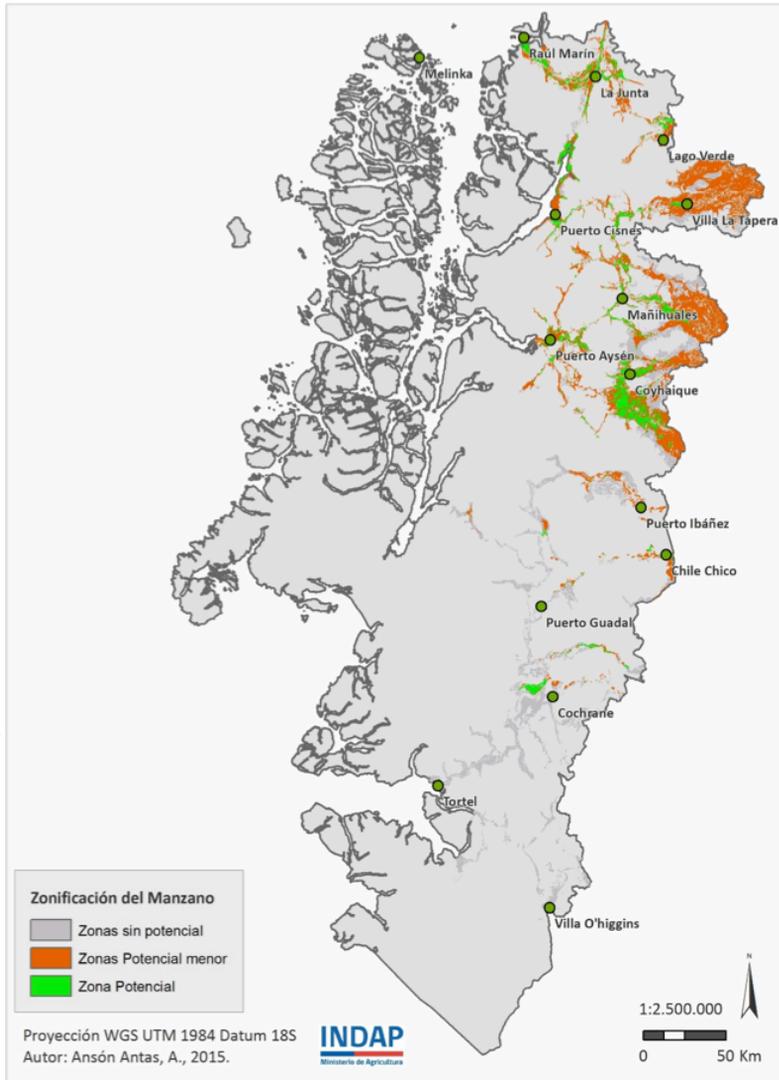


Figura 17. Zonificación potencial para la producción de Manzano.

6. CONCLUSIONES

Los mapas finales de zonificación entregados en este informe, son aquellas áreas del territorio en donde se presentan las condiciones naturales más apropiadas para las especies frutales analizadas y que están en condiciones de producir dichos cultivos. Debemos entender este resultado en términos de probabilidad, es decir, podemos afirmar que en dichas zonas existe la mayor probabilidad que el cultivo o la especie analizada se desarrolle de mejor forma, porque las restricciones de tipo climático, agrológico y/o físico-geográfico son mínimas o no existen. En otras palabras, el modelo permite diferenciar zonas homogéneas en donde las diferentes especies de frutales pueden desarrollarse en condiciones distintas, pero existen otras variables naturales además de los requeridos.

Para los cultivos analizados (Cerezo, Arándano, Frambueso, Nogal y Frutilla) se generaron mapas en formato ráster. Las categorías resultantes en dichos mapas tienen valores que se clasifican por rangos numéricos y que indican el cumplimiento o no de las exigencias del cultivo en GD y su correspondencia con la capacidad de uso de los suelos. Dichos valores permiten reproducir los mapas y saber las categorías que tiene cada lugar con respecto a los cultivos analizados.

En el informe se visualizan los principales sectores de la región con potencial para desarrollar el rubro frutícola, definidos por las variables analizadas. Siendo la Cuenca del Palena, sector de Lago Verde y sector de La Junta, una de las más favorecidas por el clima y tipo de suelos para la producción de los frutales de estudio, obteniendo resultados favorables para las cinco especies. Igualmente se encuentran zonas potenciales para algunas especies en otros sectores como Mañihuales, Puerto Aysén, La Tapera, Puerto Cisnes, Puerto Ibáñez, Chile Chico y Coyhaique entre otros. El descenso de la temperatura hacia el sur de la región, causa que en esos sectores no se cumplan con los requerimientos mínimos de Grados Días para el desarrollo de



estas especies frutales.

Igualmente, especificar que en el caso de la frutilla hay una menor bibliografía que especifique el valor de grado día en período de crecimiento, por ello se utilizó el grado de temperatura media anual. De todas maneras, son grandes sectores de la región en dónde el cultivo se ha dado, siempre y cuando haya una buena protección de cortinas cortavientos, el cultivo se ha dado de manera familiar en sectores como Cerro La Virgen, Cerro Galera y Vista Hermosa, lugares próximos a la estepa de climas más rigurosos, y otras experiencias en los Torreones, lo que indica la plasticidad fenotípica de la especie para adaptarse a climas diversos. Por lo que, utilizando las variables regionales, se podría definir un nivel de grado día regional, y se mejorarían los datos para la zonificación potencial para la frutilla.

Desde el análisis de la potencialidad de los predios usuario de INDAP, vemos la relevancia de todos los datos obtenidos, ya que del total de 1355 usuarios registrados de INDAP, un 93,9% tienen aptitudes para el cultivo de Frambuesa, un 30% tienen aptitudes para el cultivo de Cerezo, un 24,9% para el cultivo de arándano, un 8,6% para el cultivo de frutilla y un 7% para el cultivo de Nogal. Siempre que haya un financiamiento para el establecimiento de cortinas cortavientos, imprescindibles en la región para evitar la pérdida de la flor y para proteger el crecimiento productivo de la especie. E igualmente, acondicionando aquellos suelos menos potenciales para la habilitación del cultivo.

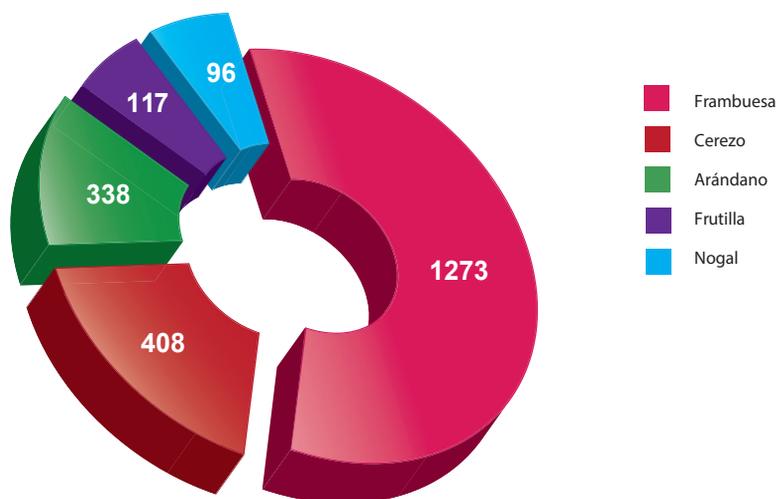


Gráfico 2. Usuarios de INDAP con potencial para el rubro frutícola

A nivel cartográfico, la información climática levantada puede ser de gran utilidad para un acercamiento al clima de la región, pudiendo ser una base para futuros estudios de diversas temáticas, dejando clara la necesidad de la región de la implantación de observatorios climáticos, una malla de observatorios sólida para poder realizar una modelización espacial con datos locales, para un conocimiento más detallado de la realidad de la región. Esto último, permitiría hacer estudios concretos para una buena ordenación del territorio, y una gestión de los recursos disponibles para el fomento sostenible de cada una de las comunas.

Hay que destacar la importancia a nivel regional de la superficie potencial para cada una de las especies. Siendo el Frambueso el que más superficie potencial considera, seguido por el Cerezo y el Arándano, como se observa en la siguiente tabla.

Igualmente, se han extraído la superficie potencial por comuna, para tener una referencia de las comunas con mayor potencial frutícola. Siendo la comuna de Cisnes, Lago Verde, Aysén, Coyhaique, Río Ibáñez y Chile Chico las comunas más potenciales para el cultivo de

Especie	Frambueso	Cerezo	Arándano	Frutilla	Nogal
Cisnes	909.982	223.506	176.345	223.112	68.086
Lago Verde	387.432	109.102	105.605	5.346	28.301
Aysén	680.264	46.858	29.628	0	0
Coyhaique	441.249	32.663	20.917	0	0
Río Ibañez	163.862	21.488	16.936	0	0
Chile Chico	146.023	17.056	13.409	0	0
Tortel	53.928	0	0	0	0
Cochrane	191.933	6.967	0	0	0
O'Higgins	76.834	0	0	0	0
Guaitecas	69.006	5.659	3.787	61.882	955
Total	3.120.513	463.300	366.628	290.340	97.630

Tabla 4. Superficie en hectáreas potencial por especie frutal y comuna.

7. BIBLIOGRAFÍA.

ANSÓN, A., (2011) *Proyecto fin de máster; 'Cartografía de escenarios climáticos en Aragón para el período 2041-2070 y su variación respecto a 1961-1990'*. Tutorizado por Dr. Miguel Ángel Saz Sánchez. Universidad de Zaragoza, España.

ANSÓN, A., (2011) *'Cartografía y validación de diversos métodos de interpolación aplicados a las temperaturas máximas medias mensuales en Navarra'*, Universidad de Zaragoza, España.

BRUNET, M.; CASADO, M.J.; CASTRO, M.; GALÁN, P.; LÓPEZ, J.A.; MARTÍN, J.M.; PASTOR, A.; PETISCO, E.; RAMOS, P.; RIBALAYGUA, J.; RODRÍGUEZ, E.; SANZ, I.; TORRES, L., (2008). *'Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España'*. Agencia Estatal de Meteorología. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

CEA D'ANCONA, M.A., SPSS; *'Guía para el análisis de datos. Capítulo 18. Análisis para la regresión lineal'*. Departamento de Sociología de la UCM.

CEPAL, ILPES y CORFO. (2002). *'Identificación y Análisis de oportunidades de Inversión para la Región de Aysén, Chile'*. Programa de Promoción y Análisis de Inversiones "Todo Chile". Santiago, Chile. 150 p.

CUADRAT et al. (2007) *'Atlas Climático de Aragón'*. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

DONOSO M, JOSÉ y GAMALIER LEMUS, S. *'Establecimiento de Huertos Frutales'*, en Boletín Técnico INIA N°173 2008, 16 p.

GAREA, E., SOTO, F. y VANTOUR, A., (2006). *'Combinación de métodos de análisis espacial para la zonificación agroecológica de cultivos en condiciones de montaña, Cuba'* Ciencias de la Tierra y el Espacio', Vol.7, pp.38-46.

Gobierno Regional de Aysén, SERPLAC y GTZ (2005). *'Atlas de la Región de Aysén'*.

Gobierno Regional de Aysén, SERPLAC e ILPES. (2000). *Estrategia Regional de Desarrollo de Aysén. Coyhaique, Chile.*

Gobierno Regional de Aysén y SERPLAC. (2005). '*Plan Regional de Ordenamiento Territorial de Aysén*' (PROT). Santiago, Chile.

HIJMANS, R.J. et al. (2004) DIVA-GIS Versión 4. '*Sistema de información geográfica para el análisis de distribución de especies*'. *Guía de usuario*. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 83p.

INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Boletín Técnico N°173, 2008. Chile.

INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias El nogal, una especie exigente en suelo y clima. En revista Tierra Adentro año 2007. Chile.

INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, '*Caracterización Taxonómica de los Suelos de los Valles de Interés Agropecuario de la Región de Aysén*', Boletín INIA N°299, 2014. Chile 168 p

MANCEBO, S. *et al.* (2008) LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Madrid, España.

RESUMEN CLIMÁTICO, Centro de pomáceas Universidad de Talca. Septiembre de 2013, Chile. 21.

SANCHO COMÍNS, J. (2001): "Información geográfica como base para la toma de decisiones". El Campo, 138: 3-22.

SAZ SÁNCHEZ, M.A., (2011). '*Análisis de la información geográfica: métodos de Interpolación*'. *Master oficial en Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del territorio: sistemas de información geográfica y teledetección*. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.

TEUBER W, OSVALDO. (2002), '*Frutales menores en Aysén, una nueva alternativa productiva para la Patagonia*'. *Revista Tierra Adentro* N° 47, noviembre-diciembre 2002 10-13.

TdR (2014) "Programa de Transferencia de Modelos de Gestión Territorial en Cuencas Productivas", SAG y EULA-Chile Universidad de Concepción.

VICENTE SERRANO, S. y SAZ SÁNCHEZ, M.A., (2002). ' *Cartografía de precipitaciones y temperaturas en el valle medio del Ebro mediante la utilización de diferentes técnicas estadísticas*'. Revista Geographica n°42, pp 73-92.

Anexo I. Productos a Entregar

En base a los requerimientos específicos del producto y/o servicio a adquirir, punto 4 de las bases técnicas, se agrupan en los siguientes productos a entregar.

- a. Informe Final Impreso**
- b. Cartografía de Zonificación de Frutales Impresa**
- c. Información Digital en Pendrive USB o CD.**

- Informe final *.pdf
- Cartografía final de zonificación para cada una de las especies frutales *.pdf
- Cobertura ráster temperatura media máxima de cada estación al 1:50.000 *.tif
- Cobertura ráster temperatura media mínima de cada estación al 1:50.000 *.tif

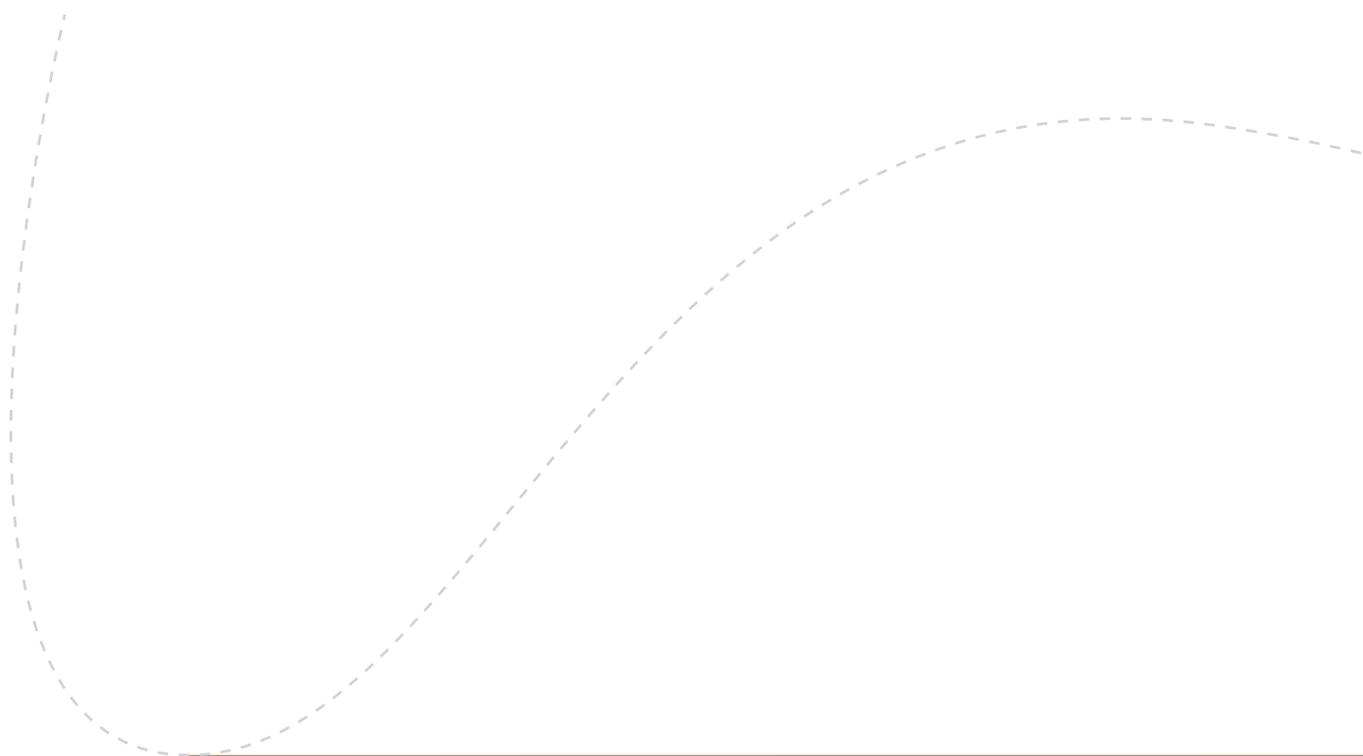
- Cobertura ráster precipitación media anual al 1:50.000 *.tif
- Cobertura vectorial de isoyetas e isotermas. *.shp
- Cobertura ráster y vectorial de zonificación por los cinco frutales de estudio.
- Todas aquellas coberturas de insumo base cartográfico (capacidad de uso de suelo, derechos de agua, límites administrativos, MDT, longitud, latitud, proximidad al océano, etc.)

Anexo II. Cartografía

- Modelización de la temperatura media máxima del período 1950-2000.
- Modelización de la temperatura media mínima del período 1950-2000.
- Modelización de la precipitación total estacional del período 1950-2000.



74





INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO