

# PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA ESPECIES FRUTALES EN LA CUENCA DEL ACONCAGUA

Región de  
Valparaíso

Proyecciones Climáticas para Especies  
Frutales en la Cuenca del Aconcagua

Región de  
Valparaíso



Información  
Innovación  
Investigación



Proyecciones Climáticas  
para Especies Frutales en  
la Cuenca del Aconcagua

Región de  
Valparaíso



# Proyecciones Climáticas para Especies Frutales en la Cuenca del Aconcagua

Región de  
Valparaíso

## Equipo de Trabajo

**Coordinador Principal**, Alex Fernández Muñoz, Geógrafo. **Coordinador Alterno**, Horacio Merlet Badilla, Ingeniero Agrónomo. **Equipo Técnico**, Ana María Bustamante Valdés, Ingeniero Civil en Obras Civiles. Tomás Díaz Van Schouwen, Ingeniero Agrónomo. Gonzalo Barrientos Kompatzki, Ingeniero Agrónomo. Ariel Herrera Ayala, Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Felipe Albornoz Muñoz, Ingeniero Geomensor. Balfredo Toledo Hernández, Cartógrafo. Elena Campusano Ahumada, Cartógrafo. Fabián Guajardo Alcántara, Ingeniero informático. **Concepción Visual**, Oskar Cáceres Donoso-Torres. **Imprenta**, Creadisegno.

**Revisión Técnica FIA:** M. Francisca Fresno Rivas.

Publicación CIREN N° 223  
©Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN  
Santiago, Chile  
Diciembre, 2020

Registro propiedad intelectual N° 2020-A-10743  
ISBN: 978-956-9365-37-9

La presente publicación es el fruto de la realización del proyecto denominado “Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua”, código PYT 2018-0720, apoyado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, y ejecutado por el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.

# Índice

<i>Páginas</i>	08	<b>PRÓLOGO.</b>
	10	<b>INTRODUCCIÓN.</b>
	12	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO.</b>
	14	<b>ALCANCE Y SITUACIÓN ACTUAL.</b>
	16	<b>LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO.</b>
	18	<b>ESCENARIO HÍDRICO ACTUAL.</b>
	18	Oferta de agua superficial en la cuenca Aconcagua.
	20	Cuenca del río Aconcagua.
	24	<b>DESARROLLO DE METODOLOGÍA APLICADA PARA LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS.</b>
	28	<b>EVALUACIÓN DE ESPECIES Y SELECCIÓN SEGÚN APTITUD.</b>
	31	<b>NECESIDADES NETAS DE AGUA DE RIEGO.</b>
	33	Metodología.
	38	Resultados.
	43	<b>ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS PARA EL CULTIVO DE LAS ESPECIES.</b>
	44	<b>JOJOBA.</b>
	46	Antecedentes generales.
	47	Morfología de la especie.
	48	Requerimientos.
	48	Climáticos.
	49	Hídricos.
	51	Suelo.
	51	Fertilización.
	53	Manejo agronómico.
	54	Cosecha.
	54	Principales plagas y enfermedades.
	55	Aspectos económicos.
	55	Inversión y análisis económico – financiero en la producción de jojoba en la región de Valparaíso.
	60	<b>MAPAS DE RESULTADOS DE LA JOJOBA.</b>
	70	<b>PISTACHO.</b>
	72	Antecedentes generales.
	72	Clasificación botánica.
	73	Morfología de la especie.
	75	Requerimientos.
	75	Climáticos.
	75	Suelo.
	76	Hídricos.

<i>Páginas</i>	76	Fertilización.
	78	Manejo y principales variedades.
	84	Principales plagas y enfermedades.
	85	Cosecha.
	86	Antecedentes económicos.
	86	Situación mundial de pistachos (pistacia vera).
	88	Exportaciones mundiales de pistachos.
	90	Importaciones mundiales de pistachos.
	92	Superficie cultivada con pistachos en Chile.
	93	Comercio internacional chileno.
	94	Importaciones chilenas de pistachos.
	96	Análisis económico – financiero en la producción de pistachos en la región de Valparaíso.
	100	<b>MAPAS DE RESULTADOS DEL PISTACHO.</b>
	110	<b>FRAMBUESO.</b>
	112	Antecedentes generales.
	113	Variedades.
	114	Morfología de la especie.
	117	Requerimientos.
	117	Climáticos.
	118	Suelo.
	119	Hídricos.
	120	Fertilización.
	122	Manejo agronómico.
	124	Principales enfermedades y plagas.
	126	Cosecha.
	127	Aspectos económicos.
	127	Situación mundial de la frambuesa (rubus idaeus).
	129	Exportaciones mundiales de frambuesa.
	131	Importaciones mundiales de frambuesas.
	133	Superficie cultivada con frambuesas en Chile.
	134	Comercio internacional chileno.
	136	Análisis económico-financiero en la producción de frambuesa en la región de Valparaíso.
	140	<b>MAPAS DE RESULTADOS DEL FRAMBUESO.</b>
	150	<b>LÚCUMO.</b>
	152	Antecedentes generales.
	153	Morfología de la especie.

<i>Páginas</i>	155	Requerimientos.
	155	Climáticos.
	156	Suelo.
	157	Hídricos.
	158	Fertilización.
	159	Establecimiento y variedades.
	162	Principales enfermedades y plagas.
	163	Cosecha.
	164	Aspectos económicos.
	164	Inversión y análisis económico-financiero en la producción de lúcumo en la región de Valparaíso.
	168	<b>MAPAS DE RESULTADOS DEL LÚCUMO.</b>
	178	<b>CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES.</b>
	180	<b>ANEXOS.</b>
	180	Caudales cuenca del río Aconcagua.
	184	Flujo de caja estimado en la producción de jojoba.
	184	Flujo de caja estimado en la producción de pistachos.
	185	Flujo de caja estimado en la producción de frambuesa.
	185	Flujo de caja estimado en la producción de lúcuma.
	188	<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b>
	190	<b>BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS.</b>
	196	<b>CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS.</b>

# Pró lo go

*La zona que comprende la cuenca del río Aconcagua, en la región de Valparaíso, ha enfrentado por más de 10 años una profunda sequía. El cambio climático ha impactado fuertemente en ella, aumentando la temperatura media anual y modificando los patrones de precipitación, afectando la productividad agrícola en un área que es de gran relevancia ya que corresponde al 72,8% de la superficie agrícola regional regada.*

*Lo que por años fue el corazón agrícola de la región, en la actualidad es una zona altamente vulnerable, hecho que ha obligado en el último tiempo a una gran cantidad de declaraciones de emergencia agrícola en diversas comunas. Lamentablemente, todo indica que el fenómeno del cambio climático ya no es un problema temporal, sino que la zona, y particularmente en el área de la cuenca del río Aconcagua, está enfrentando un nuevo escenario climático.*

Este nuevo escenario trae consigo una evidente incertidumbre que solo puede atenuarse buscando fórmulas innovadoras que permitan utilizar adecuadamente el recurso hídrico, tanto en cuanto al perfil de los cultivos como en lo referente al uso eficiente del agua. En este contexto, cobra alta relevancia lo referido a nueva información obtenida a través de trabajos de investigación que permitan innovar profundamente en el tema. Es por lo que, en el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN, hemos impulsado una fuerte línea de estudios enfocados en la adaptabilidad climática y en proyectar escenarios para anticipar condiciones futuras que posibiliten conocer el desarrollo de las especies y las variedades con mayor tolerancia al contexto presentado.

“Proyecciones climáticas y frutales en la cuenca del Aconcagua” es un estudio desarrollado de forma directa para 18 comunas de la región de Valparaíso: Limache, Olmué, Quillota, La Calera, Putaendo, San Felipe, San Esteban, Los Andes, Calle Larga, Catemu, Hijuelas, La Cruz, Llay-Llay, Nogales, Panquehue, Rinconada, Santa María y parte de la comuna de Concón, con un importante componente local, para comprender lo que ocurrirá a 15, 30 y 45 años y a través de ello, sugerir la incorporación de nuevas especies productivas consideradas económicamente atractivas y sustentables en el tiempo, de acuerdo a los resultados de los modelos digitales de elevación para estimar la demanda de agua de riego, en función del uso del suelo, tipo de suelo y condiciones climáticas proyectadas.

El material que se presenta en este documento es el resultado de un completo estudio realizado por un equipo multidisciplinario de profesionales de CIREN, cuyo objetivo principal es entregar a los agricultores en la zona, una nueva perspectiva donde enfocar sus esfuerzos.

Hoy, todo indica que, para poder continuar, habrá que mirar el horizonte de forma estratégica, donde el agua sea el puntal de una nueva agricultura sostenible e inteligente.



**Félix Viveros Díaz**  
Director Ejecutivo  
CIREN

# Introducción

*El presente documento busca ofrecer una aproximación a las soluciones que se requieren ante el actual contexto de cambio climático, cuyos efectos son cada vez más palpables alrededor del mundo.*

En este sentido, el cambio climático encierra un sinnúmero de interrogantes, especialmente desde el punto de vista de las consecuencias en la actividad agrícola. Cada vez se constatan, con mayor frecuencia, sus efectos positivos y negativos, de los cuales aún no se tienen certezas, como tampoco las hay de su comportamiento definitivo a futuro o de su impacto real en la vida de los asentamientos humanos del planeta.

En esta transición climática, la actividad frutícola puede salir beneficiada o perjudicada. El conocimiento de las proyecciones futuras del régimen de clima permitirá un uso racional de los recursos naturales y promover la conservación del conjunto de factores involucrados en la producción agrícola, por lo que resulta esencial conocer su futuro comportamiento.

El siguiente documento, presenta los resultados de un proyecto desarrollado por el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN, que pretende dar respuesta a las inquietudes presentes, en el actual escenario de incertidumbre provocado por el cambio climático, especialmente en la cuenca del río Aconcagua, región de Valparaíso.

La modelación del comportamiento de la cuenca del río Aconcagua, para realizar este estudio, fue un desafío no menor, sobre todo por la deficiencia de datos significativos y continuos en el tiempo. Pese a ello, fue posible proyectar las posibilidades de explotación agrícola que presentarán a futuro los terrenos regados por esta cuenca hidrográfica. Para ello, se utilizaron diversos medios, como los mapas climáticos ajustados a los valles agrícolas dentro del contexto de los nuevos escenarios climáticos.

El resultado de esta labor fue la creación de mapas de proyecciones climáticas para el área, a 15, 30 y 45 años, los que se han dispuesto por medio de un visualizador en línea, que presentan en detalle las posibilidades de producción de cuatro especies frutales acuciosamente seleccionadas: jojoba, pistacho, frambueso y lúcumo.

Esperamos que el presente documento constituya un aporte en la búsqueda de respuestas a las interrogantes que presenta en la actualidad el cambio climático, teniendo siempre en vista la sustentabilidad de los recursos hídricos y del suelo, y que este material se convierta en una herramienta de apoyo, que permita a los agricultores e instituciones del Estado tomar decisiones para encarar mejor los escenarios futuros del clima, que a todos los habitantes del planeta nos corresponde enfrentar.

# Objetivo del estudio

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la incorporación de nuevas especies frutícolas productivas sobre la base de modelaciones climáticas en la cuenca del río Aconcagua a 15, 30 y 45 años.

Para alcanzar este objetivo, se desarrolló un método de ajuste sobre las proyecciones de los modelos de cambio climático disponibles para la cuenca, con el fin de establecer el escenario futuro en la zona que permita establecer la aptitud productiva, de acuerdo con las proyecciones climáticas globales mejoradas para el caso chileno, lo que permitirá definir las especies frutícolas factibles a ser incorporadas dentro del plazo antes mencionado.



Figura 1.  
Vista general de la cuenca.

# Alcance y situación actual

A nivel global, el cambio climático tiene efectos concretos sobre la productividad agrícola, como el aumento de la temperatura media y la modificación en los patrones de precipitación (Galindo et al., 2014). Cada vez se constatan con mayor frecuencia estas consecuencias, de las que aún no se tienen certezas respecto de su comportamiento en el futuro, lo que encierra varias interrogantes desde el punto de vista agrícola. El conocimiento de las proyecciones relacionadas al régimen climático y de precipitaciones, permitirá un uso racional y la conservación del conjunto de recursos naturales involucrados en la producción agrícola.

Chile, y en particular la región de Valparaíso, ha estado sometida a un periodo de estrés hídrico explicado por dos fenómenos: el actual estado de sequía que enfrenta y la demanda por el uso del agua por parte de distintas organizaciones y agentes productivos estimada en 152 m<sup>3</sup>/s (DIRPLAN Región de Valparaíso, 2007). Asimismo, se ha producido un cambio productivo en los últimos 20 años, desde una

agricultura con predominio de hortalizas y cereales (Dirección General de Aguas, Cade-Idepe, 2004), a otra orientada a la exportación frutícola, donde se ha expandido en la zona el cultivo de árboles frutales, como el palto (*Persea americana*) en las laderas de los cerros, provocando un cambio en el tipo de cultivo y una deslocalización de la actividad agrícola dentro de la misma cuenca. Es en este contexto que las iniciativas internacionales, como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y sus múltiples acciones, contribuyen con sus evaluaciones integrales, al mejoramiento de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos relacionados al cambio climático.

A raíz de la falta de precipitaciones, la cuenca del río Aconcagua lleva enfrentando más de 8 años de escasez hídrica (Dirección General de Aguas, 2018), lo que se ha traducido en una serie de conflictos por el uso del agua. Esta sequía ha tenido consecuencias productivas, como la disminución en un 30% de la superficie de paltos (Asociación Gremial de Productores y Exportadores de Palta Hass de Chile A.G., 2017). Ante esta situación, generar oportunidades es posible, a partir de la construcción de escenarios futuros que reflejen los cambios en temperaturas y precipitaciones dentro de la cuenca, lo que permita ayudar a identificar cuáles serán las especies frutícolas idóneas para introducir bajo aquellas nuevas condiciones climáticas.

Esta reconversión productiva tendrá un impacto positivo en los productores, ya que les permitirá adelantar escenarios, evitar pérdidas y reducir costos de producción. Asimismo, se beneficiarán los consumidores, ya que los frutos no se verán afectados por alzas de precios repentinas, como ocurrirá con las especies que no están adaptadas al nuevo escenario climático.

Esta propuesta busca definir los escenarios, a partir de los modelos existentes y ajustarlos a los valles productivos, centrándose especialmente en la actividad frutícola dentro de la cuenca del río Aconcagua, con el fin de simular las posibles reconversiones de cultivos, de acuerdo con las futuras condiciones climáticas, teniendo siempre presente la sustentabilidad de los recursos hídricos, del suelo, y la rentabilidad de los cultivos en el largo plazo.

# Localización área de estudio

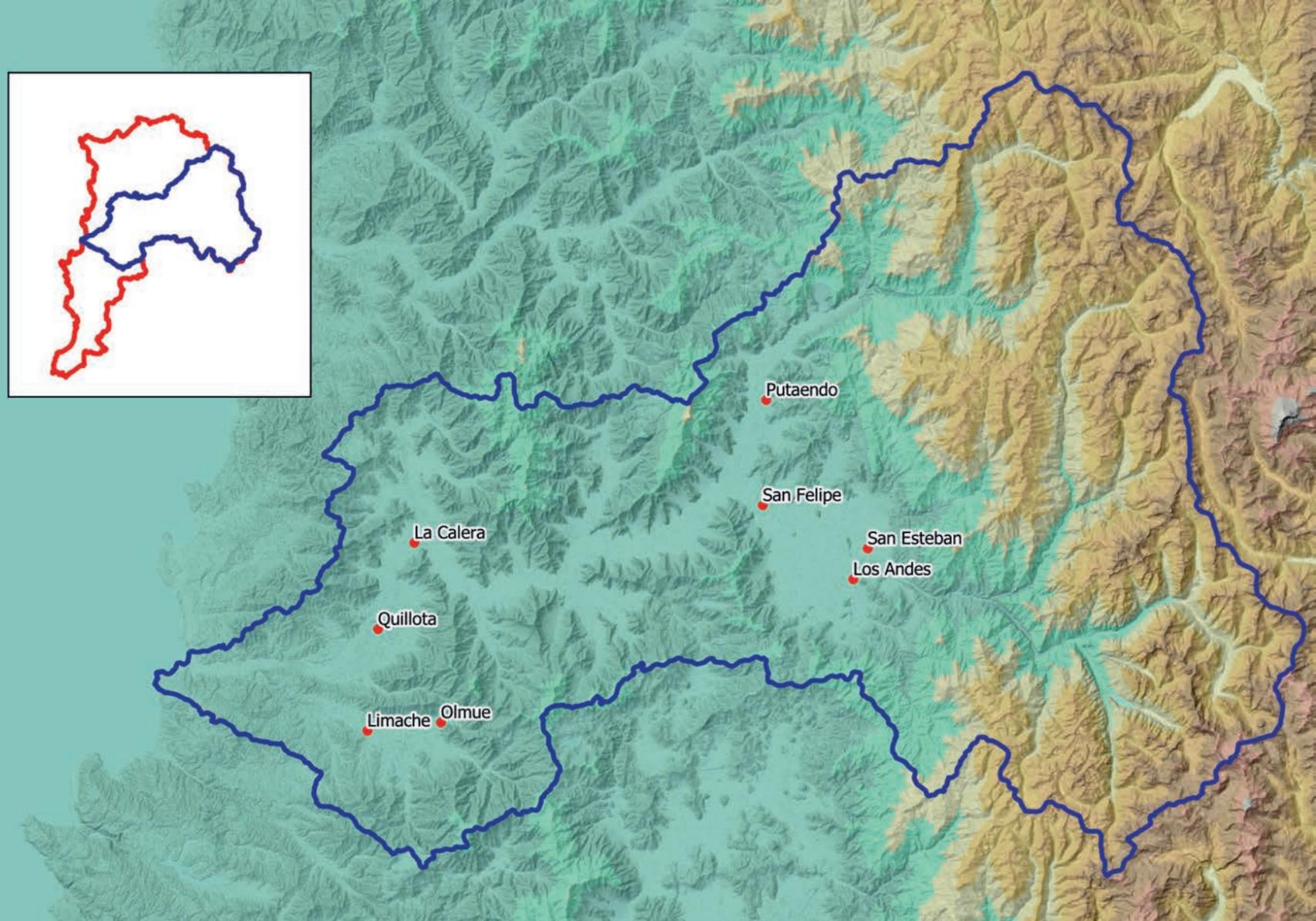
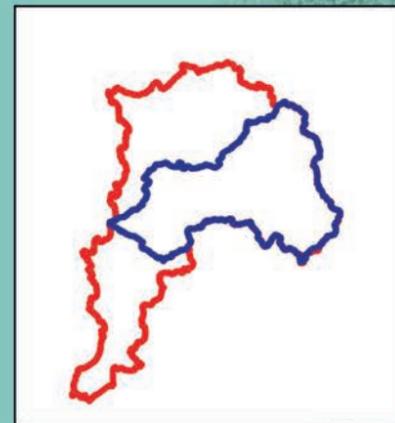


Figura 2. Zona de estudio.  
Fuente: Elaboración Propia

El área de estudio se sitúa en la zona central de Chile, circunscrita administrativamente a la región de Valparaíso.

La cuenca del río Aconcagua se caracteriza por tener un clima templado de tipo Mediterráneo con estación seca prolongada y frío de altura en la cordillera de los Andes.

El área de estudio abarca las comunas de Calle Larga, Catemu, Hijuelas, La Calera, La Cruz, Limache, Llay-Llay, Los Andes, Nogales, Olmué, Panquehue, Putaendo, Quillota, Rinconada, San Esteban, San Felipe, Santa María y parte de la comuna de Concón.

# Escenario hídrico actual

## Oferta de agua superficial en la cuenca Aconcagua

Con el objetivo de poder establecer la oferta de agua superficial en la cuenca, se clasificó el comportamiento hidrológico de los ríos, de acuerdo con el régimen que éstos presentan, el cual se indica en el siguiente cuadro.

*Cuadro 1. Caracterización del régimen hidrológico de las estaciones fluviométricas de la cuenca del río Aconcagua.*

ESTACIÓN	CÓDIGO BNA	RÉGIMEN	OBSERVACIÓN
Río Juncal en Juncal	05401003-6	Nival	Natural
Río Aconcagua en río Blanco	05403002-9	Nival	Natural
Río Blanco en río Blanco	05402001-5	Nival	Natural
Río Colorado en Colorado	05406001-7	Nival	Natural
Río Aconcagua en Chacabuquito	05410002-7	Nival	Observado
Estero Pocuro en el Sifón	05411001-4	Pluvio-nival	Natural
Río Putaendo en Resguardo los Patos	05414001-0	Nival	Natural
Río Aconcagua en San Felipe	05410005-1	Nival	Observado
Río Aconcagua en Romeral	05423003-6	Nivo-pluvial	Observado

Fuente: Elaboración Propia

El régimen hidrológico de la cuenca del Aconcagua es de alimentación mixta o nivo-pluvial, dado que en las zonas altas (ríos Colorado, Juncal, Blanco, Aconcagua Alto y Putaendo) es marcadamente nival, presentando un gran aumento de caudal en los meses de primavera debido a los deshielos. En cambio, en la zona baja posee un régimen pluvial, debido a que las crecidas están asociadas con las precipitaciones de aguas lluvia.

La situación actual de la oferta hídrica de aguas superficiales en los principales cauces naturales del área de estudio se ha basado en el análisis de frecuencia de las series de caudales medios mensuales obtenidos producto del procesamiento de los valores de los caudales medidos en las estaciones fluviométricas seleccionadas para tal efecto. Los resultados del análisis hidrológico realizado, permiten definir la oferta de agua superficial en los cauces o secciones de las cuencas en estudio que cuentan con control fluviométrico.

Para los cauces y sectores de riego que no tienen control fluviométrico, se utilizaron curvas de variación estacional aplicadas en los estudios de la Dirección General de Aguas, DGA, denominados “Evaluación de los recursos hídricos superficiales en las cuencas del río Aconcagua” (SDT N°165 año 2004) y “Actualización Informe Evaluación de los recursos hídricos superficiales de las cuencas del río Petorca y río La Ligua” (SDT N°340 año 2013), las que fueron obtenidas mediante modelos de simulación en puntos de interés hidrológico del área de estudio.

Para efectos de determinar la oferta hídrica en las cuencas estudiadas, se consideró la probabilidad de excedencia del 85%. En cuando a la cuantificación de la oferta de aguas superficiales, se ha supuesto que los recursos son aprovechados íntegramente en cada sección, ya que de acuerdo con el derecho de aguas, cada sección legal puede agotar íntegramente el río en el tramo, salvo en la primera sección del río Aconcagua en que el análisis se realizó considerando el valor de la acción a 1,8 l/s/acc.

# Cuenca del río Aconcagua

La determinación de la oferta de agua por sección legal del río se obtiene a partir de las estadísticas de caudales medios mensuales resultantes del análisis hidrológico en las estaciones de cabecera de los distintos sectores de riego que forman parte de las cuatro secciones en que se divide el río.

El seccionamiento del río Aconcagua posee la siguiente estructura:

- **Sección I:** corresponde al tramo comprendido entre el nacimiento del río y el Puente Caminero San Felipe (Puente del Rey).
- **Sección II:** va desde el Puente de San Felipe hasta la Puntilla de Romeral.
- **Sección III:** cubre el tramo que va desde la Puntilla de Romeral hasta la bocatoma del canal Molino de Rautén, aguas arriba del Puente San Pedro del ferrocarril a Quintero.
- **Sección IV:** va desde la bocatoma del canal Molino de Rautén hasta la desembocadura al mar, incluyendo la cuenca del estero Limache.
- **Sección Putaendo:** la cuenca del río Putaendo es tratada en forma separada a la cuenca del Aconcagua.

Para los sectores de riego de la cuenca Aconcagua que no cuentan con control fluviométrico, se utilizaron las curvas de variación estacional empleadas en los estudios DGA “Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Aconcagua”, SDT N° 165 año 2004. Las estaciones fluviométricas y puntos de interés hidrológico analizados que resumen la oferta hídrica, para probabilidad de excedencia del 85%, en las distintas secciones del río Aconcagua son los que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1. Caudales medios mensuales cuenca del río Aconcagua. Oferta hídrica (Probabilidad excedencia 85%)

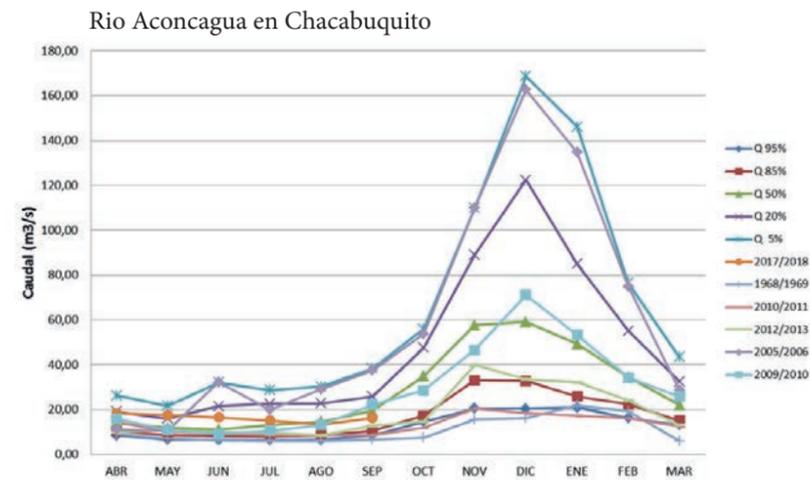
Sección	“Estación /Punto Interés”	Abr (m3/s)	May (m3/s)	Jun (m3/s)	Jul (m3/s)	Ago (m3/s)	Sep (m3/s)	Oct (m3/s)	Nov (m3/s)	Dic (m3/s)	Ene (m3/s)	Feb (m3/s)	Mar (m3/s)
Putaendo	R.Putando en Rdo. los Patos	1,39	1,54	1,58	1,73	2,05	2,52	3,37	4,70	3,02	2,20	1,78	1,48
Putaendo	E. Quilpue o San.Francisco	0,94	1,00	1,04	1,03	1,13	1,24	1,81	2,59	1,98	1,34	1,14	1,02
1	R.Colorado en Colorado	0,06	0,08	0,09	0,12	0,16	0,26	1,13	1,99	0,45	0,11	0,06	0,03
1	R. Juncal en Juncal	2,91	2,19	1,80	1,69	1,59	1,92	3,06	4,79	8,05	7,58	6,76	4,93
1	R.Blanco en R. Blanco	0,71	0,58	0,62	0,76	0,74	0,91	1,01	2,88	5,76	3,17	1,57	0,95
1	E. Pocuro en el Sifón	0,14	0,18	0,20	0,20	0,24	0,27	0,33	0,36	0,21	0,15	0,13	0,13
1	R. Aconcagua en Chacabuquito	10,39	8,62	8,18	7,82	8,54	10,48	17,74	33,06	32,76	25,48	21,61	14,38
2	R. Aconcagua en San Felipe	1,65	1,93	4,33	3,57	0,88	0,54	1,41	9,05	8,07	4,08	3,75	2,31
2	E. Catemu en Desembocadura	2,48	2,34	2,32	2,05	1,91	2,03	2,27	2,55	2,53	2,46	2,38	2,61
2	E. Lo Campo	0,62	1,04	1,41	1,46	1,21	0,34	0,36	0,33	0,46	0,29	0,37	0,45
2	E. Las Vegas o Los Loros	2,02	2,06	1,91	1,57	1,23	1,52	1,90	2,00	1,95	1,86	2,04	2,04
2	R. Aconcagua antes el Lo Campo	4,62	10,67	11,60	11,51	12,01	9,70	6,68	10,54	10,29	4,03	3,54	2,59
3	R. Aconcagua en Romeral	7,08	9,53	13,76	15,30	8,88	4,34	4,96	11,40	4,23	5,58	4,68	4,14
3	E. El Melón o los Litres	2,21	5,75	5,23	6,25	6,18	4,46	2,50	2,39	1,52	1,00	0,38	1,39
3	E. Rabuco	0,00	0,04	0,16	0,20	0,14	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	E. Sn Isidro o Poco Chay	2,47	6,30	6,03	6,49	7,17	5,23	2,63	1,70	0,86	0,40	0,11	1,24
3	“R. Aconcagua antes E. El Melón”	5,87	12,04	12,02	12,86	12,60	9,74	8,69	11,47	7,61	4,05	3,04	5,10
4	R. Aconcagua en Tabolango	5,05	13,94	15,08	17,00	16,39	10,79	6,48	7,28	4,37	0,00	0,98	2,58
4	E. Rauten	0,00	0,01	0,05	0,07	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	E. Limache	1,20	3,66	4,92	6,62	5,93	4,50	2,18	1,72	1,20	1,20	1,20	1,20
4	R. Aconcagua en Desembocadura	6,12	18,81	20,62	24,52	24,14	15,79	8,46	7,63	3,76	0,00	0,00	3,60

Fuente: Elaboración Propia

Para comprender en mayor grado como ha sido la evolución de estas excedencias, se presenta mediante un gráfico, el comportamiento temporal en la estación Chacabuquito durante seis periodos. Chacabuquito es la estación de referencia para medir las variaciones del caudal del río Aconcagua. El periodo de tiempo va desde los años 1968 hasta el 2018.

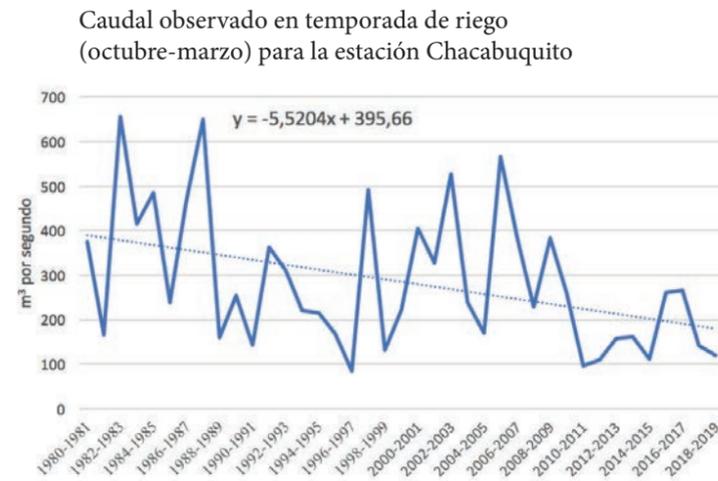
Un segundo gráfico, presentado a continuación, demuestra cómo ha ido disminuyendo la disponibilidad de agua superficial a través de los últimos cuarenta años. En efecto, el caudal acumulado para los meses de octubre a marzo para el periodo 1980-2019 cae a tasas promedio de 5,5 m<sup>3</sup> /s cada año.

Gráfico 1.  
Comportamiento estacional de excedencias en Chacabuquito.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.  
Caudal observado en temporada de riego.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de DGA. (2019).  
Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea.

Los datos anteriormente expuestos, demuestran que a pesar de existir periodos con altos índices de disponibilidad de agua, la constante que se observa dentro de la cuenca del río Aconcagua es la disminución persistente de la disponibilidad hídrica superficial.



# Desarrollo de metodología aplicada para los escenarios climáticos

Para el desarrollo del presente trabajo se construyó un Modelo Digital de Elevación (DEM) a partir del sensor DEM Aster, parte del satélite Terra, que con sus imágenes permitió generar un mosaico que abarcó toda la extensión de la cuenca. La resolución espacial DEM Aster es de 30 metros, satisfaciendo con esto la resolución espacial necesaria para los análisis.

Posteriormente, se aplicaron los resultados de modelamientos de cambio climático disponibles por parte del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, patrocinado por la Universidad de Chile, del que se utilizó el modelo RegCM4 Chile. Dentro de las variables consideradas en estos modelos, se tomó como base las temperaturas y las precipitaciones de acuerdo con los escenarios RCP2.6 y RCP8.5. Luego, y mediante la aplicación de herramientas estadísticas, mapeo y geoprocetos, se realizó una reducción de escala, o acercamiento de escala, de los modelos de cambio climático. Estos mapas fueron ajustados de acuerdo con las condiciones morfológicas de la cuenca, utilizando el DEM y mediante el software con capacidad de geoproceto.

Se realizaron los ajustes a las proyecciones a 15, 30 y 45 años, de acuerdo con la geomorfología de la cuenca, por medio de valores de variables topoclimáticas auxiliares, tales como altitud, exposición solar, latitud, distancia al mar y posición topográfica, entre otras, para cada uno de los tramos temporales. Una vez desarrollado este modelo de ajuste, se procedió a realizar un control de los parámetros entregados por medio de la comparación

de los resultados con la información disponible en las estadísticas de las variables climáticas, ello con el fin de controlar los resultados obtenidos. Una vez establecido el modelo de ajuste, se aplicó a las proyecciones de cambio climático de la cuenca del Aconcagua a 15, 30 y 45 años.

Concluida esta etapa, se dispuso de mapas de modelación climática ajustada para las variables de precipitación, temperaturas máximas y mínimas. Dentro de la mecánica del proceso, y mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) se realizó el cruce de información entre los mapas de modelación climática (temperatura, precipitación, altitud) con mapas de suelos agrológicos, de modo de obtener las condiciones biofísicas u “oferta” que tendrán las especies cultivadas en el futuro. Una vez concluida esta etapa, y con la ayuda de los mapas de modelación climática ya obtenidos, se buscó identificar posibles especies frutales factibles de introducir, dentro de los escenarios de proyección climática establecidos. De este resultado, se consideró evaluar en mayor detalle aquellas 10 especies que presentaron una mayor compatibilidad climática y desempeño económico productivo.

A continuación, mediante un modelo multiplicativo, se evaluaron en detalle las respuestas productivas de un grupo de 10 especies frutícolas, frente a un conjunto de parámetros de clima y suelo, de acuerdo con los requerimientos específicos de cada una de ellas.

Dentro de la componente climática se consideraron los parámetros suma térmica, período libre de heladas, horas de frío, temperatura máxima del mes más cálido y humedad relativa. Estos parámetros definen en mayor medida el comportamiento de las especies frutícolas. Dentro de la componente suelo, se consideraron los parámetros profundidad efectiva, pH, textura superficial, drenaje, pedregosidad superficial y topografía, que también se consideran como los parámetros que determinan en mayor medida el comportamiento de las especies.

Una vez seleccionadas las especies, se estimó la demanda de agua de riego en función del uso del suelo (especies cultivadas), tipo de suelo (retención de agua) y condiciones climáticas (precipitaciones y evapotranspiración potencial), lo que facilitó la comprensión de las dinámicas para el cultivo, además de su estado general en el presente y futuro.

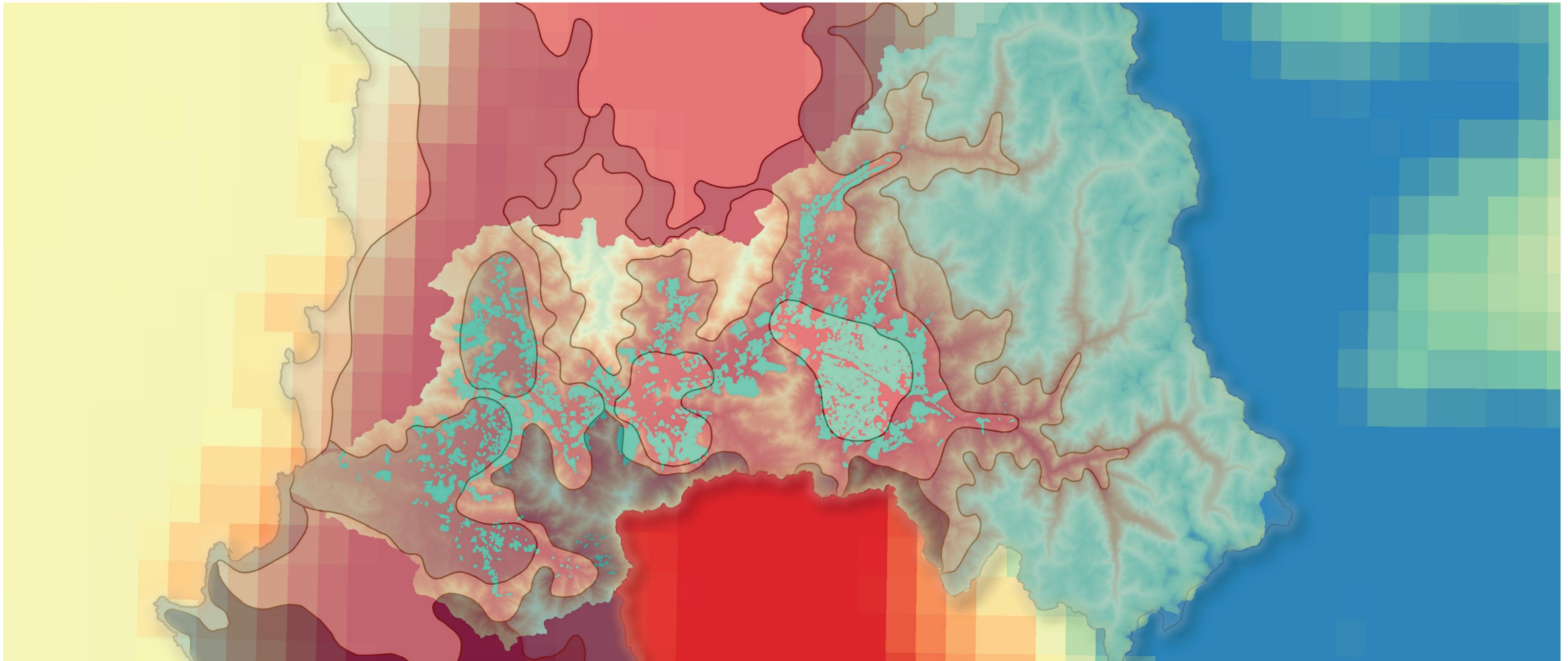


Figura 3. Coberturas de información usadas.  
Fuente: Elaboración propia.

# Evaluación de especies y selección según aptitud

Durante el proceso de selección, se evaluó la aptitud de cada una de las 10 especies frutícolas en cuatro condiciones: aptitud para condiciones climáticas actuales; para condiciones climáticas a 15, 30 y 45 años. Finalmente, se eligieron 4 especies frutícolas, considerando su rentabilidad económica en los distintos escenarios climáticos descritos, cuyo detalle se observa a continuación, en el Cuadro 2.

La estimación de la rentabilidad económica se basó en los costos de establecimiento de la especie propuesta (preparación de suelo, control de malezas, sistema de riego, plantas, fertilización, entre otros), costos directos de producción anual para un horizonte definido de evaluación (poda, control fitosanitario, cosecha, entre otros) y el flujo de caja para el mismo horizonte de evaluación, de modo que se generaron índices de rentabilidad típicos para este tipo de inversiones, tales como margen bruto (MG), tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN).



Figura 4. Recolección de frambuesas.  
Fuente: Ciren.

Cuadro 2. Evaluación preliminar de especies

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	USO	TIPO CLIMA	SUP (HA)	PRODUCCIÓN (TON)/HA (PLENA)	AÑOS A PLENA PRODUCCIÓN	INGRESO MARGINAL	I. RIEGO AÑO 2050 (Aptitud Climática) *
Limón (Eureka)	Rutáceas	Citrus limón	Bebida, alimento, industrial.	Mediterráneo	830,63	29,4 Ton./Ha.	Séptimo	856/kg. Ferias mayoristas.	0.94
Lúcumo	Sapotaceae	Pouteria lúcuma	Fruta, Industrial, grano de alimentación.	Verano subtropical seco, estepa y semiárido	35,6	4,5 Ton./Ha.	Décimo	4.800/kg consumidor final	0.87
Naranja (Lane late)	Rutáceas	Citrus sinensis	Fruta, Bebida,	Clima templado y húmedo.	1054,5	33 Ton./Ha.	Sexto	1.133/kg. Ferias mayoristas	0.84
Nogal (Chandler)	Juglandaceae	Juglans regia	Frutos secos, alimentación.	Mediterráneo.	5488,98	3,2 Ton./Ha.	Décimo	12.490/kg. Consumidor final.	0.80
Mandarino (W. Murcott)	Rutáceas	Citrus reticulata	Fruta, aceite, licores, perfumería.	Subtropical y Mediterráneo.	1658,56	32,4 Ton./Ha.	Octavo	1.125 /kg. Ferias mayoristas.	0.80
Frambueso (Heritage)	Rosaceae	Rubus idaeus L.	Fruta, Bebida, alimento.	Boreal, Clima templado, Estepa y semiárido	1	7,2 Ton./Ha.	Cuarto a quinto	2.352/kg. Ferias mayoristas.	0.73
Pistacho	Anacardiaceae	Pistacia vera L.	Frutos secos, especias.	Verano subtropical seco, oceánico templado, estepa y semiárido	4,28	1 Ton./Ha.	Noveno	17.000/kg. Consumidor final.	0.89
Chirimoyo	Annonaceae	Annona cherimolia Miller	Fruta, Bebida, insecticida.	Clima Tropical, Verano subtropical seco, Subtropical húmedo, Estepa y semiárido.	49,3	13 Ton./Ha.	Cuarto	1.336/kg. Ferias mayoristas.	0.72
Durazno Conservero	Rosaceae	Prunus pérsica.	Fruta, Alimentación, Industria.	Subtropical. Mediterráneo.	2935,6	27,3 Ton./Ha.	Quinto	687/kg. Ferias mayoristas	0.97
Jojoba	Simmondsiaceae	Simmondsia chinensis	Industria cosmética, de lubricantes y farmacéutica.	Árido, semiárido.	0	5,4 Ton / Ha.	Octavo - Noveno	4.000/kg Precio internacional estimado.	0.91

\*En valores iguales o superiores a 0,95 el clima es de aptitud alta, entre 0,75 y 0,95 aptitud media, entre 0,50 y 0,75 tiene aptitud baja, entre 0,25 y 0,50 es de aptitud muy baja y menor a 0,25 sin aptitud para la especie en cuestión.

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los resultados obtenidos, y considerando una primera evaluación económica, se seleccionaron aquellas especies que presentaron una aptitud alta o media, y tuvieran una baja o nula presencia en la cuenca del río Aconcagua. Asimismo, se consideró que su plantación dentro de la cuenca fuera facilitada por la existencia de algunas hectáreas ya plantadas, o que su introducción fuera favorecida debido a que su implantación y técnicas productivas fueran similares a algunas especies ya existentes en la cuenca.

El resultado del proceso dio como conclusión la selección de las siguientes 4 especies:

- *Jojoba*.
- *Pistacho*.
- *Frambueso*.
- *Lúcumo*.

A partir de los resultados del modelo, se elaboraron mapas de zonificación de aptitud mediante una cartografía para cada especie, clasificando los resultados en cinco categorías: aptitud alta, aptitud media, aptitud baja, aptitud muy baja y sin aptitud. Todos ellos para los escenarios: actual, años 2020-2035, años 2035-2050 y años 2050-2065, los que se presentan como resultados, después del análisis financiero de cada especie.



Figura 5. Campo en preparación para cultivo.  
Fuente: Ciren.

# Necesidades netas de agua de riego

Este Kc varía en función del periodo en que se encuentra la especie cultivada, lo que está relacionado directamente con la cobertura vegetal del suelo alcanzado en cada etapa de desarrollo, que en el caso de especies frutícolas de hoja caduca, varía entre brotación y caída total de hojas, al final de la temporada. Para el caso de los frutales de hoja persistente, en las que no hay una etapa de dormancia invernal, la variación del Kc es significativamente menor durante el año.

En la medida que se ha extendido el uso de imágenes satelitales multiespectrales, se ha logrado asociar el Kc con el índice de vegetación de diferencia normalizada, NDVI, arrojando muy buenas correlaciones y un valor mucho más real a las condiciones particulares en que se encuentran las especies cultivadas, sólo es necesario contar con imágenes periódicas durante todo el ciclo vegetativo del frutal, aspecto que no fue posible abordar, debido a la naturaleza del presente estudio.

Los coeficientes se obtuvieron de la literatura nacional publicada por universidades y centros de investigación, tales como:

Se consideraron también las características hídricas de los suelos que se encuentran comúnmente en esas localidades, mediante los parámetros denominados Capacidad de Campo (CDC), Punto de Marchitez Permanente (PMP) y Densidad aparente (Da) de los suelos, perteneciente a las series de suelo que se encuentran en cada una de las localidades indicadas. Es así como para la localidad de Los Andes, se consideró la Serie Calle Larga, para la comuna de San Felipe la Serie Pocuro, para de Llay-Llay la Serie Las Chilcas, para Quillota la Serie San Isidro y para Concón la Serie Tabolango. A continuación, en el Cuadro 3, se muestra la humedad aprovechable de cada Serie considerada, expresada en porcentaje de agua en base a volumen como promedio ponderado del perfil del suelo.

Cuadro 3. Agua aprovechable de las Series consideradas en el estudio.

Serie de Suelos	Horizonte	Pedregosidad en el horizonte (%)	Textura	Pedregosidad ponderada del perfil (%)	Espesor (cm)	Da (gr/cm <sup>3</sup> )	CDC-PMP (%)	Agua Aprovechable del horizonte (mm)	Agua Aprovechable Promedio ponderado (%)
Calle Larga, en la localidad de Los Andes	0-15	8	Franco arenosa	8	15	1,57	8,0	17,3	
	15-34	8	Franco arcillosa		19	1,45	8,0	20,3	
	34-63	8	Arcillosa		29	1,37	14,0	51,2	
<b>Total Agua aprovechable del perfil</b>								<b>88,8</b>	<b>15,3</b>
Pocuro, en la localidad de San Felipe	0-18	0	Franca	0	18	1,50	10,0	27,0	
	18-48	0	Franco limosa		30	1,48	10,0	44,4	
	48-82	0	Franco arcillo limosa		36	1,40	10,0	50,4	
	82-110	0	Franco arcillo limosa		28	1,40	14,0	54,9	
<b>Total Agua aprovechable del perfil</b>								<b>176,7</b>	<b>15,8</b>
Las Chilcas, en la localidad de Llay-Llay	0-20	0	Arcillosa	0	20	1,37	10,0	27,4	
	20-52	0	Arcillosa		32	1,37	11,0	48,2	
	52-95	0	Arcillosa		43	1,37	10,0	58,9	
	95-120	0	Freanco arcillosa		25	1,45	8,0	29,0	
<b>Total Agua aprovechable del perfil</b>								<b>163,5</b>	<b>13,6</b>
San Isidro, en la localidad de Quillota	0-18	8	Franco arcillosa	18	18	1,50	13,0	32,3	
	18-38	8	Arcillo limosa		20	1,50	15,0	41,4	
	38-67	25	Franco arcillo limosa		29	1,50	14,0	45,7	
	67-93	25	Arcillosa		26	1,46	11,0	31,3	
<b>Total Agua aprovechable del perfil</b>								<b>150,7</b>	<b>19,7</b>
Tabolango, en la localidad de Concón	0-17	8	Franco arenosa fina	4	17	1,28	10,0	20,0	
	17-44	0	Arcillosa		27	1,63	7,0	30,8	
	44-59	8	Arcillosa		15	1,43	14,0	27,6	
<b>Total Agua aprovechable del perfil</b>								<b>78,5</b>	<b>14,0</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a CIREN (1997)

## Metodología

Para determinar las necesidades netas de agua de riego de las 4 especies en evaluación, se empleó la metodología de la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura, FAO, la cual se basa en la utilización de un coeficiente que relaciona la evapotranspiración potencial o de referencia, con la evapotranspiración de la especie cultivada, denominado Coeficiente de cultivo (Kc) (ver Figura 6). Luego, mediante un balance de entradas y salidas de agua a nivel del suelo, se compararon los flujos de ingresos y salidas de agua, para determinar la demanda neta de riego de cada especie frutícola analizada, utilizando la siguiente fórmula:

$$ET_c \text{ (mm} \cdot \text{día}^{-1}\text{)} = ET_p \text{ (mm} \cdot \text{día}^{-1}\text{)} * K_c$$

Donde:

ET<sub>c</sub> = Evapotranspiración de la especie cultivada (mm·día<sup>-1</sup>)

ET<sub>p</sub> = Evapotranspiración potencial (mm·día<sup>-1</sup>)

K<sub>c</sub> = Coeficiente del cultivo (adimensional)

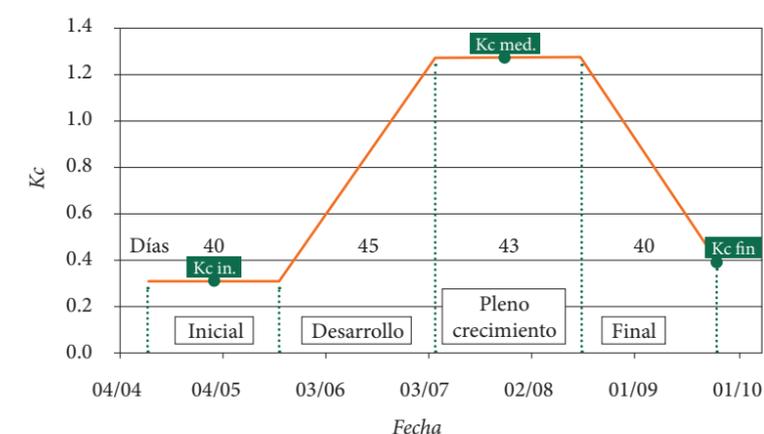


Figura 6. Evolución del coeficiente de cultivo, Kc, en función de la etapa de desarrollo. Fuente: FAO (2006)

Este Kc varía en función del periodo en que se encuentra la especie cultivada, lo que está relacionado directamente con la cobertura vegetal del suelo alcanzado en cada etapa de desarrollo, que en el caso de especies frutícolas de hoja caduca, varía entre brotación y caída total de hojas, al final de la temporada. Para el caso de los frutales de hoja persistente, en las que no hay una etapa de dormancia invernal, la variación del Kc es significativamente menor durante el año.

En la medida que se ha extendido el uso de imágenes satelitales multiespectrales, se ha logrado asociar el Kc con el índice de vegetación de diferencia normalizada, NDVI, arrojando muy buenas correlaciones y un valor mucho más real a las condiciones particulares en que se encuentran las especies cultivadas, sólo es necesario contar con imágenes periódicas durante todo el ciclo vegetativo del frutal, aspecto que no fue posible abordar, debido a la naturaleza del presente estudio.

Los coeficientes se obtuvieron de la literatura nacional publicada por universidades y centros de investigación, tales como:

- Boletín Informativo: Coeficientes de Cultivo (Kc). Servicio de Programación y Optimización del Uso de Agua de Riego (Proyecto SEPOR). Universidad de Talca-Comisión Nacional de Riego.
- Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus Aplicaciones Productivas. Boletín INIA N°145. Capítulo 9.
- Estimación de la huella hídrica de cultivos con potencial bioenergético en la provincia de Limarí. Memoria de Título de María Ovalle Barros. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómica.

Es necesario recordar que la evapotranspiración potencial o de referencia (ETp) se define como: “la cantidad de agua transpirada en una unidad de tiempo por un cultivo corto, verde, que cubre completamente la superficie del suelo, de altura uniforme y nunca falto de agua”. Penman (1956). La ETp se estimó en base a la fórmula de Penman-Monteith que entrega el estudio realizado por la Comisión Nacional de Riego, CNR, denominado “Cálculo y Cartografía de Evapotranspiración Potencial en Chile”, CNR-CIREN (1997), procesada y actualizado por la Unidad de Agroclima de CIREN (2020). Con la cartografía de ETp anual en formato ráster, se obtuvo el valor de este parámetro en cada polígono formado por la intersección con los mapas de suelos, lo que se replicó para la realización de las proyecciones climáticas a 15, 30 y 45 años.

La demanda de agua de riego se realizó mediante un balance hídrico a nivel del suelo (potrero), consistente en el análisis de los flujos de entradas y salidas de agua y de la variación del contenido de hidratación en el suelo, entre el momento inicial y final del período de análisis, en este caso, un mes. De este modo, se considera al suelo como un reservorio de agua, que debe estar disponible para el consumo por parte de las plantas, es decir, entre un nivel de agua denominado Capacidad de Campo (CDC) y otro llamado Punto de Marchitez Permanente (PMP), rango a su vez conocido como agua aprovechable.

Luego de realizar un riego, el cultivo comienza a consumir el agua aprovechable, pero se debe volver a regar antes que ésta se acabe completamente, normalmente cuando se haya consumido o aún quede en el suelo un 50% de agua aprovechable. Aún más, para que se mantenga el cultivo en óptimas condiciones hídricas, en especial para especies sensibles al déficit hídrico, se debe volver a regar cuando haya consumido sólo un 30 a 40% del agua aprovechable, o quede en el suelo entre un 60% a 70%. A esta acción, se le denomina “Criterio de riego”. En este caso, se usó como criterio de riego el valor 50%.

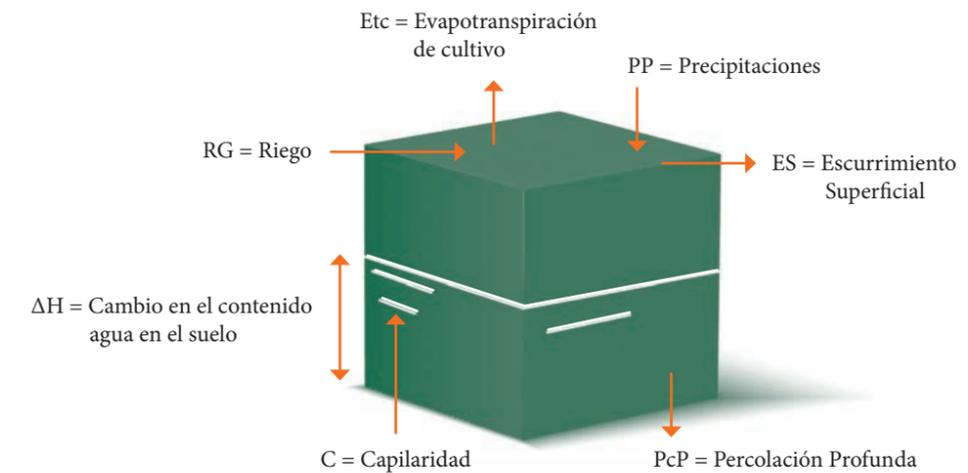


Figura 7. Esquema del balance hídrico del suelo. Fuente: Elaboración propia.

La ecuación general para calcular el balance hídrico es la siguiente:

$$\Delta H + RG + PP + C = Etc + ES + PcP$$

De modo que:

$$RG = Etc + ES + PcP - \Delta H - PP - C$$

En consecuencia, para aplicar la ecuación del balance hídrico, sólo falta la información de precipitaciones (ver Figura 7), la que se obtuvo mediante el mapa de isoyetas en formato ráster. Estos datos fueron incorporados en las unidades cartográficas de suelo, del mismo modo como se hizo con la evapotranspiración potencial, es decir, mediante superposición a las unidades cartográficas de suelo asociada, a la información de PP y ETP, de los escenarios climático actual, años 2020-2035, años 2035-2050 y años 2050-2065.

Por otro lado, para estimar la precipitación efectiva se utilizó la relación modificada propuesta por Blanney y Criddle, tomando en cuenta los tipos de lluvias frontales que comúnmente caen en la Zona Central de Chile. La ecuación es la siguiente:

$$PPef_i = -0,0023PP_i^2 + 1,1303 PP_i - 2,5549$$

Donde:

$PPef_i$  = Precipitación efectiva en el mes  $i$

$PP_i$  = Precipitación normal en el mes  $i$

Tabla 2. Esquema de Balance hídrico aplicado en cada Unidad de Análisis.

Cultivo:	Frambuesa			En la localidad de: Los Andes con clima actual							
	Mes	PP	PP efectiva	ETP	Kc	ETc	Déficit o Exceso	CHS	Percolac. Profunda	RIEGO	Frec. R, Días
	Junio	67,0	53,6	56,2		0,0	-2,6	107,1	-2,6	0,0	
	Julio	60,2	48,1	46,0		0,0	2,1	107,1	2,1	0,0	
	Agosto	44,3	35,4	56,2		0,0	-20,8	86,3	0,0	0,0	
	Septiembre	21,1	16,9	85,8	0,45	38,6	-21,7	64,6	0,0	0,0	
	Octubre	11,4	9,1	124,7	0,45	56,1	-47,0	17,6	0,0	89,5	
	Noviembre	1,0	0,8	163,5	0,51	83,4	-82,6	24,5	0,0	82,6	19,0
	Diciembre	0,1	0,0	194,1	0,55	106,8	-106,7	0,4	0,0	106,7	15,0
	Enero	0,4	0,3	203,4	0,69	140,3	-140,0	0,0	0,0	107,1	11,0
	Febrero	0,6	0,5	193,1	0,75	144,8	-144,4	0,0	0,0	107,1	0,0
	Marzo	3,2	2,6	163,5	0,61	99,7	-97,2	9,9	0,0	97,2	
	Abril	10,2	8,2	124,7	0,61	76,0	-67,9	39,2	0,0	67,9	
	Mayo	37,5	30,0	85,8		0,0	-55,8	51,3	0,0	0,0	
	<b>Total</b>	<b>257,0</b>	<b>205,6</b>	<b>1.497,0</b>		<b>745,8</b>			<b>-0,4</b>	<b>658,0</b>	

Fuente: Elaboración propia.

El balance indicado en la Tabla 2, en la columna RIEGO, entrega como resultado la cantidad de riego neto expresado en milímetros de altura de agua, sin considerar la eficiencia del método de riego utilizado, razón por la cual se denomina demanda neta de agua de riego, que, a diferencia de la demanda bruta, considera las pérdidas por escurrimiento superficial o percolación profunda, ocasionadas por el sistema de riego que se utilice.

El dato expresado en milímetros de altura de agua se puede expresar en m<sup>3</sup>/ha, multiplicándolo por 10, es decir, para el caso de la Tabla 2, una hectárea de frambueso en la localidad de Los Andes, sobre un suelo de la Serie Calle Larga, necesitaría 6.580 m<sup>3</sup>/ha como aporte neto de agua de riego, el cual, si se realizara mediante riego por surco con una eficiencia de 60%, se tendría que aplicar 10.967 m<sup>3</sup>/ha en la temporada.



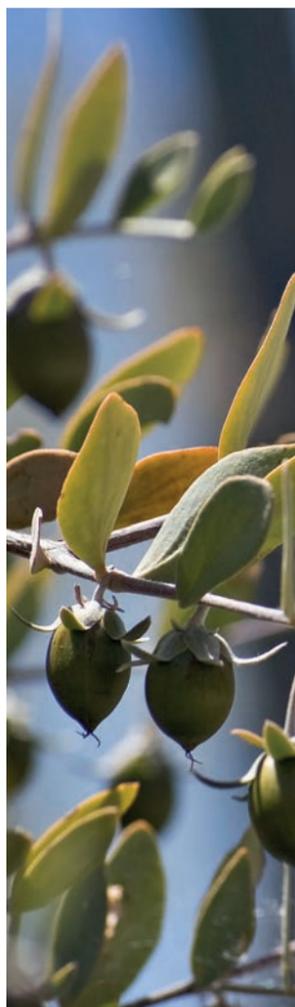
# Resultados

A continuación, se muestran los esquemas de los balances hídricos realizados para las cuatro especies en evaluación: jojoba, pistacho, frambueso y lúcumo, a partir de las distintas condiciones climáticas: actual, proyectada a 15 años, a 30 años y a 45 años, y para cada una de las cinco comunas seleccionadas a lo largo de la cuenca del río Aconcagua.

Cuadro 4. Esquema de balance hídrico aplicado para la jojoba.

Localidad	Periodo	Cultivo	Serie de Suelo	Humedad aprovechable %	Riego en m3/ha	Nº Riegos
Los Andes	Actual	Jojoba	Calle Larga	15,3	6609	9
Los Andes	2020-2035	Jojoba	Calle Larga	15,3	6522	9
Los Andes	2035-2050	Jojoba	Calle Larga	15,3	6669	9
Los Andes	2050-2065	Jojoba	Calle Larga	15,3	7204	10
San Felipe	Actual	Jojoba	Pocuro	15,8	6528	9
San Felipe	2020-2035	Jojoba	Pocuro	15,8	6692	9
San Felipe	2035-2050	Jojoba	Pocuro	15,8	6860	9
San Felipe	2050-2065	Jojoba	Pocuro	15,8	6762	9
Llay - Llay	Actual	Jojoba	Las Chilcas	13,5	6142	10
Llay - Llay	2020-2035	Jojoba	Las Chilcas	13,5	6201	10
Llay - Llay	2035-2050	Jojoba	Las Chilcas	13,5	6348	10
Llay - Llay	2050-2065	Jojoba	Las Chilcas	13,5	6525	10
Quillota	Actual	Jojoba	San Isidro	19,7	5243	5
Quillota	2020-2035	Jojoba	San Isidro	19,7	5344	6
Quillota	2035-2050	Jojoba	San Isidro	19,7	5444	6
Quillota	2050-2065	Jojoba	San Isidro	19,7	5567	6
Concón	Actual	Jojoba	Tabolango	14	4474	7
Concón	2020-2035	Jojoba	Tabolango	14	4539	7
Concón	2035-2050	Jojoba	Tabolango	14	4626	7
Concón	2050-2065	Jojoba	Tabolango	14	4735	7

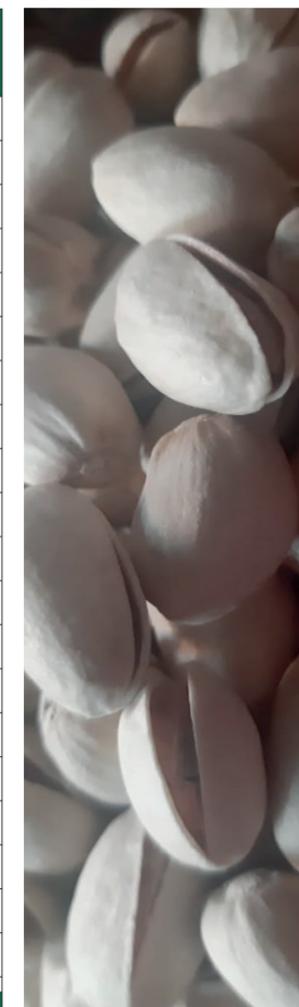
Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 5. Esquema de balance hídrico aplicado para el pistacho.

Localidad	Periodo	Cultivo	Serie de Suelo	Humedad aprovechable %	Riego en m3/ha	Nº Riegos
Los Andes	Actual	Pistacho	Calle Larga	15,3	7558	10
Los Andes	2020-2035	Pistacho	Calle Larga	15,3	7657	11
Los Andes	2035-2050	Pistacho	Calle Larga	15,3	7778	11
Los Andes	2050-2065	Pistacho	Calle Larga	15,3	7834	11
San Felipe	Actual	Pistacho	Pocuro	15,8	7696	10
San Felipe	2020-2035	Pistacho	Pocuro	15,8	7801	10
San Felipe	2035-2050	Pistacho	Pocuro	15,8	7918	11
San Felipe	2050-2065	Pistacho	Pocuro	15,8	8034	11
Llay - Llay	Actual	Pistacho	Las Chilcas	13,5	6519	10
Llay - Llay	2020-2035	Pistacho	Las Chilcas	13,5	6610	10
Llay - Llay	2035-2050	Pistacho	Las Chilcas	13,5	6700	11
Llay - Llay	2050-2065	Pistacho	Las Chilcas	13,5	6808	11
Quillota	Actual	Pistacho	San Isidro	19,7	7767	8
Quillota	2020-2035	Pistacho	San Isidro	19,7	7822	8
Quillota	2035-2050	Pistacho	San Isidro	19,7	7878	8
Quillota	2050-2065	Pistacho	San Isidro	19,7	7946	8
Concón	Actual	Pistacho	Tabolango	14	6368	10
Concón	2020-2035	Pistacho	Tabolango	14	6404	10
Concón	2035-2050	Pistacho	Tabolango	14	6440	10
Concón	2050-2065	Pistacho	Tabolango	14	6484	10

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 6. Esquema de balance hídrico aplicado para el frambueso

Localidad	Periodo	Cultivo	Serie de Suelo	Humedad aprovechable %	Riego en m3/ha	Nº Riegos
Los Andes	Actual	Frambueso	Calle Larga	15,3	6580	12
Los Andes	2020-2035	Frambueso	Calle Larga	15,3	6715	12
Los Andes	2035-2050	Frambueso	Calle Larga	15,3	6579	12
Los Andes	2050-2065	Frambueso	Calle Larga	15,3	6732	12
San Felipe	Actual	Frambueso	Pocuro	15,8	6440	9
San Felipe	2020-2035	Frambueso	Pocuro	15,8	6620	9
San Felipe	2035-2050	Frambueso	Pocuro	15,8	6793	9
San Felipe	2050-2065	Frambueso	Pocuro	15,8	7710	10
Llay - Llay	Actual	Frambueso	Las Chilcas	13,5	5693	12
Llay - Llay	2020-2035	Frambueso	Las Chilcas	13,5	5814	12
Llay - Llay	2035-2050	Frambueso	Las Chilcas	13,5	5935	12
Llay - Llay	2050-2065	Frambueso	Las Chilcas	13,5	6079	12
Quillota	Actual	Frambueso	San Isidro	19,7	5102	8
Quillota	2020-2035	Frambueso	San Isidro	19,7	5203	8
Quillota	2035-2050	Frambueso	San Isidro	19,7	5287	8
Quillota	2050-2065	Frambueso	San Isidro	19,7	5328	9
Concón	Actual	Frambueso	Tabolango	14	4580	10
Concón	2020-2035	Frambueso	Tabolango	14	4613	10
Concón	2035-2050	Frambueso	Tabolango	14	4646	11
Concón	2050-2065	Frambueso	Tabolango	14	4981	11

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 7. Esquema de balance hídrico aplicado para el lúcumo.

Localidad	Periodo	Cultivo	Serie de Suelo	Humedad aprovechable %	Riego en m3/ha	Nº Riegos
Los Andes	Actual	Lúcumo	Calle Larga	15,3	7211	10
Los Andes	2020-2035	Lúcumo	Calle Larga	15,3	7397	10
Los Andes	2035-2050	Lúcumo	Calle Larga	15,3	7404	11
Los Andes	2050-2065	Lúcumo	Calle Larga	15,3	7794	11
San Felipe	Actual	Lúcumo	Pocuro	15,8	7032	9
San Felipe	2020-2035	Lúcumo	Pocuro	15,8	7212	10
San Felipe	2035-2050	Lúcumo	Pocuro	15,8	7391	10
San Felipe	2050-2065	Lúcumo	Pocuro	15,8	7626	10
Llay - Llay	Actual	Lúcumo	Las Chilcas	13,5	5917	9
Llay - Llay	2020-2035	Lúcumo	Las Chilcas	13,5	6032	9
Llay - Llay	2035-2050	Lúcumo	Las Chilcas	13,5	6706	11
Llay - Llay	2050-2065	Lúcumo	Las Chilcas	13,5	6927	11
Quillota	Actual	Lúcumo	San Isidro	19,7	5634	6
Quillota	2020-2035	Lúcumo	San Isidro	19,7	5773	6
Quillota	2035-2050	Lúcumo	San Isidro	19,7	5912	6
Quillota	2050-2065	Lúcumo	San Isidro	19,7	6085	6
Concón	Actual	Lúcumo	Tabolango	14	487,2	7
Concón	2020-2035	Lúcumo	Tabolango	14	493,9	7
Concón	2035-2050	Lúcumo	Tabolango	14	500,6	7
Concón	2050-2065	Lúcumo	Tabolango	14	509,3	8

Fuente: Elaboración propia.



Aspectos  
técnicos y  
económicos  
para el cultivo  
de las especies

# Jojoba

Perteneciente a la familia  
de Buxaceae



# Antecedentes generales

La jojoba (*Simmondsia chinensis*) Link Schneider, es un arbusto dioico perenne perteneciente a la familia Buxaceae (Botti, Doussoulin, Escobar, & Zunino, 1989). Esta planta es muy longeva, pudiendo exceder los cien años de vida (Ballinas, 2007). Es característica del desierto de Sonora en México y del suroeste de Estados Unidos, específicamente en los estados de California y Arizona (Squella & Meneses, 2020).

Los primeros misioneros europeos observaron que en el desierto de Sonora los nativos usaban las semillas de jojoba con fines medicinales y para su alimentación (Squella & Meneses, 2020).

De las semillas de la jojoba es posible extraer una cera líquida muy parecida al aceite que se obtiene de las ballenas (Rudolph, 1983). Algunos usos de este producto se pueden encontrar en: lubricantes, cosméticos, productos farmacéuticos, ceras hidrogenadas, alimentos, ceras, aceites, alcoholes (Squella & Meneses, 2020).

Es importante destacar, como señala Ariaza (2016), que las semillas contienen entre un 40% a 60% de aceite clasificado como cera líquida, y la diferencia con otros aceites de origen vegetal, es que está compuesta por ésteres, lo que permite que se pueda usar en la elaboración de cosméticos y lubricantes.



Figura 8. Foto general jojoba.  
Fuente: commons.wikimedia.org

# Morfología de la especie

La jojoba es un arbusto de 1 a 3,5 metros de altura, con ramas verdes amarillentas, pubescentes (Alcaraz, y otros, 2011). Presenta una ramificación profusa, con tallos que salen de la base (Botti, Doussoulin, Escobar, & Zunino, 1989).

“Las hojas son opuestas, oblongas, pubescentes, azul-grisáceo, gruesas y de consistencia coriáceas, cubiertas de cera, de 2 a 5 cm de largo por 1 a 2 cm de ancho” (CONABIO, 2020).

Es importante destacar que una sequía severa puede provocar que la jojoba pierda sus hojas (Valle, 2003).

Las raíces de la jojoba son pivotantes y muy ramificadas, alcanzando profundidades de hasta 9 metros (Universidad de Chile, 1997). Alcaraz, y otros autores (2011) señalan que en algunas localidades, las raíces han llegado a profundidades de 2,5 a 10 metros.

Con respecto a las flores, la jojoba es una especie dioica, lo que significa que presenta flores masculinas y femeninas en árboles separados. Las primeras desarrollan solo estambres, y las segundas presentan un ovario con tres óvulos (Botti, Doussoulin, Escobar, & Zunino, 1989). Las flores estaminadas o masculinas se presentan en racimos redondeados, amarillos pálidos y son más pequeñas que las flores femeninas (CONABIO, 2020). Por otro lado, las flores femeninas son individuales apétalas, miden de 13 a 20 mm e inician la floración al tercer o quinto año (Rudolph, 1983).

Figura 9. Hoja de la jojoba.  
Fuente: Valle (2003)



Figura 10. A la izquierda, flor femenina de jojoba, a la derecha flor masculina de la jojoba.  
Fuente: Valle (2003)



Figura 11. Evolución del fruto de la jojoba hasta la obtención de la semilla en su madurez.  
Fuente: Alcaraz y otros (2011)

Al ser la jojoba una especie dioica, de polinización anemófila (por viento), necesita generalmente de un macho por cada cuatro a cinco plantas femeninas (Rudolph, 1983). La Universidad de Chile (1997) indica que la floración en el país es generalmente entre mayo y junio, después de la cosecha del año anterior. La polinización se produce durante estos meses y las flores se hinchan hasta alcanzar la madurez en los meses de marzo y abril.

La producción de la jojoba obtenida a partir de semillas se da a los 6 años y, en plantas propagadas vegetativamente a los 2 años, sin embargo, la cosecha comercial de la jojoba es recién al tercer año, y se obtienen producciones de 2,5 a 4,5 kilos de semillas por planta a los 9 años (Universidad de Chile, 1997). Rudolph (1983) indica que al cuarto año se pueden obtener 50 a 300 gramos por planta y 100 a 400 gramos por planta de rendimiento al quinto año.

Los frutos corresponden a una cápsula dehiscente que contiene de uno a tres semillas. La cápsula mide de 15 a 20 milímetros de largo y las semillas miden entre 13 a 17 milímetros de largo y su envoltura es de color café oscuro, endoesperma pequeño o ausente, cotiledones densos y carnosos (Alcaraz, y otros, 2011).

# Requerimientos climáticos

La jojoba requiere de un clima desértico que consta de una estación seca y larga (6 meses), inviernos fríos con lluvias moderadas y humedad (Torrealba, 1983). En el siguiente cuadro se presentan algunos requerimientos climáticos a tener en consideración para el establecimiento del cultivo de la jojoba.

Cuadro 8. Requerimientos climáticos del cultivo de la jojoba.

Tolerancia a temperaturas máximas	42 a 45°C
Tolerancia a temperaturas mínimas plantas jóvenes	Hasta -4 a -3°C
Tolerancia a temperaturas mínimas plantas adultas	Hasta -5°C
Luminosidad	Requiere de plena exposición al sol

Fuente: Elaboración propia, a partir de Torrealba (1983)

Para fines productivos no es recomendable establecer el cultivo en sectores con heladas permanentes a pesar de que resiste heladas, ya que bajo los 0°C se dañan los brotes nuevos y las yemas florales (Cruz, 1996).

# Hídricos

La jojoba se desarrolla en zonas de baja precipitación, pero su desarrollo óptimo se ha observado en zonas con precipitaciones de 200 a 450 mm anuales (Alcaraz, y otros, 2011). En zonas con precipitaciones de 75 mm, las plantas alcanzan alturas de 0,9 a 1,2 metros y presentan de forma esférica. En cambio, en zonas con precipitaciones entre 254 a 380 mm se observaron plantas de 5 metros de altura (Botti, Doussoulin, Escobar, & Zunino, 1989).

Si la jojoba se quiere establecer de manera comercial, se debe contar con riego (Cruz, 1996). La Universidad de Chile (1997) indica que una planta adulta de clones chilenos consume de 4.000 a 6.000 metros cúbicos por hectárea. En el siguiente cuadro, se presentan diferentes coeficientes de cultivo (Kc) según el estado fenológico y grado de enmalezamiento en la jojoba que permitirán estimar la demanda hídrica del cultivo.

Cuadro 9. Coeficientes de cultivo para la jojoba según el estado fenológico y el grado de enmalezamiento.

Porcentaje de cobertura	Kc cultivo libre de malezas	Kc cultivo sin control de malezas
Plantación nueva con cubierta arbórea menor al 20%	0,4 a 0,45	0,85 a 0,95
Cubierta arbórea igual al 50%	0,45 a 0,55	0,75 a 0,85
Plantación madura con cubierta arbórea superior al 70%	0,5 a 0,6	0,75 a 0,85

Fuente: Universidad de Chile. (1997).

En su estudio, Cruz (1996) señala que durante el primer año, el riego es de suma importancia, ya que de este depende el éxito de la plantación, y sugiere volúmenes de agua para una plantación de 1.250 plantas por hectárea, sin tomar en cuenta el aporte que pudiera producirse por medio de las precipitaciones (Tabla 3).

Tabla 3. Volúmenes de agua requeridos al año, en una plantación con una densidad de 1.250 plantas/ha.

Año	Litros/plantas	m <sup>3</sup> /ha
0 - 1	580	725
1 - 2	1.440	1.800
2 - 3	1.920	2.400
3 - 4	2.760	3.450
4	2.760	3.450

Fuente: Cruz (1996)

Torrealba (1983) indica que para producir crecimiento, floración y producción de semilla, la jojoba necesita de riego principalmente en invierno y primavera, ya que en verano no requiere de agua al encontrarse en una especie de reposo. Sin embargo, se sugiere un riego tarde en verano para favorecer la formación de botones florales.



Figura 12. Jojoba en árbol.  
Fuente: commons.wikimedia.org

# Suelo

Esta especie crece en una diversidad de suelos, desde levemente ácidos a alcalinos (pH 5 a 8) (Alcaraz, y otros, 2011). Requiere de buen drenaje, por lo que los suelos arcillosos no son óptimos para su desarrollo. La jojoba no se ve afectada por la pedregosidad, por lo que es muy tolerante a los suelos de textura arenosa o salinos (Universidad de Chile, 1997).

Para cultivos comerciales se debe contar con terrenos planos y bajo riego. Si el terreno tuviera algún grado de pendiente y fuera regado por surcos, se debe nivelar, ya que la jojoba es muy susceptible a las inundaciones (Torrealba, 1983).

# Fertilización

Para determinar un programa de fertilización adecuado, es importante hacer un análisis de suelo previo a la plantación y luego monitorear mediante análisis foliares tras el establecimiento.

En su estudio, Valle (2003) señala que la jojoba crece de manera natural en suelos con fertilización marginal.

En Chile, estudios mostraron que en plantaciones de un año, la extracción de urea del suelo es de 1,34 kg/planta, mientras que a los 3 años es de 39,2 kg/planta al año (Universidad de Chile, 1997).

Previo a la plantación se deben aplicar 75-100 gramos por planta de superfosfato triple en el hoyo donde será establecida la planta y luego una aplicación básica de N-P-K con 15-30-15 unidades (Cruz, 1996). Es importante destacar que las plantas responden favorablemente a las aplicaciones foliares de microelementos (Universidad de Chile, 1997).

En Israel, por ejemplo, se aplica mediante fertirrigación las siguientes dosis:

100 ppm de Nitrógeno

48 ppm de K<sub>2</sub>O

48 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



Figura 13. Imagen plantación jojoba.  
Fuente: commons.wikimedia.org

# Manejo agonomico

La reproducción de la jojoba se puede hacer con diferentes métodos: por semilla, por estacas enraizadas, injertos y cultivos de tejidos (Valle, 2003). CONABIO (2020) señala que en tejidos de cultivo se pueden obtener 500 mil plantas por inóculo en 10 meses.

Cuando se establecen las plantas en terreno, luego de haberlas obtenido en algún vivero certificado, la plantación se debe llevar a cabo desde inicios o fines de primavera para evitar las heladas (Cruz, 1996).

Las distancias de plantación recomendadas van de 625 a 1600 plantas/ha, con un óptimo de 1000 y 1250 plantas/ha, con separaciones de plantas de 4 metros entre hileras y sobre hilera de 2 y 2,5 m (Cruz, 1996). Valle (2003), señala distancias de plantación para cultivos comerciales bajo riego de 1,5 m entre hileras.

Con respecto a las podas, Valle (2003) indica utilizar aquellas que tienen como fin dar forma arbolada al arbusto. Universidad de Chile (1997) señala esto mismo, indicando como única labor la remoción de ramas que crecen muy cerca del suelo para así facilitar la cosecha. Por otro lado, Alcaraz, y otros (2011) sugieren la realización de podas de formación al tercer año de plantación, y podas de fructificación al cuarto año de plantación.



Figura 14. Plantaciones comerciales de jojoba.  
Fuente: commons.wikimedia.org

# Cosecha

La cosecha se realiza cuando la semilla está madura, de lo contrario la cantidad de cera en ella baja (Botti, Doussoulin, Escobar, & Zunino, 1989).

Como no todas las semillas maduran al mismo tiempo, se debe realizar más de una cosecha en la temporada, la cual debe ser de preferencia mecanizada (Botti, Doussoulin, Escobar, & Zunino, 1989). En Israel y Estados Unidos, la cosecha es mecanizada con máquinas que aspiran las semillas del suelo (Universidad de Chile, 1997), pero sería importante determinar qué tipo de cosecha genera menos costos (cosecha mecanizada y cosecha manual).

El indicador de madurez es cuando el fruto está amarillento y la cápsula comienza a abrirse. Las semillas que se obtienen luego de dejar secar el fruto no requieren de cuidados y se pueden almacenar por largos periodos de tiempo (Alcaraz, y otros, 2011).

# Principales plagas y enfermedades

En Chile, existe poca información en la literatura sobre las plagas que afectan a la jojoba, al ser un cultivo que no se encuentra extendido de manera importante en el país. Sin embargo, sí existe más experiencia en México donde Alcaraz, y otros (2011), nombran principales plagas de la jojoba a *Periploca* sp, o polilla minadora, *Epinotia kasloana* o polilla devoradora de flores y frutas, *Asphondilia* sp o mosco formador de agallas, *Incisstermes* sp o termita de la madera, *Nysius eriace* o chinche falso. Además, nombra una serie de ataques por animales entre los que se encuentran: pájaros, ratones, cabras, reses y conejos.

Con relación a las enfermedades, se indican como importantes para la jojoba a: *Alternaria*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Verticilium* (Universidad de Chile, 1997).

# Aspectos económicos

## Inversión y análisis económico-financiero en la producción de jojoba en la región de Valparaíso.

En el siguiente capítulo se desarrolla y analiza el nivel de inversión, costos directos de producción y resultado económico-financiero del establecimiento de un huerto para producción de jojoba en la región de Valparaíso. Para lo anterior, se asumieron los siguientes supuestos: nivel tecnológico medio, densidad de plantación de 1.100 plantas por ha, riego por goteo, un rendimiento de 4.000 kg/ha y un nivel de inversión inicial por hectárea de aproximadamente de \$5.300.000.

Desde el punto de vista comercial el 100% de la producción nacional se destina al mercado interno. El flujo de ingresos y costos se estima en un periodo de 12 años, considerando una tasa de descuento del 10%.

En la Tabla 4 se puede observar la distribución de producción por hectárea para un periodo de 12 años, donde se visualiza que desde el séptimo al doceavo año se alcanza una producción de 4.000 kg por hectárea.

Tabla 4. Distribución temporal de la producción de un huerto de jojoba en la región del Valparaíso (kg/ha)

Año	Producción (kg/ha)
1	0
2	0
3	480
4	960
5	1.600
6	2.400
7 al 12	4.000

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los costos directos de producción, en la Cuadro 10, se observa el costo por ítem de producción y su participación relativa en el total de la producción; todo lo anterior considerando la demanda de factores productivos en el séptimo año.

Dado lo anterior, la participación relativa de cada uno de los ítem en los costos directos de producción es: recurso humano, el cual participa en un 56% de los costos directos de producción, maquinaria y equipos con un 14%; fertilizantes y materia orgánica con una representación de un 24%; productos fitosanitarios con una participación de 2%, y otros factores de producción con una participación de un 5% en la estructura de costos directos.

Cuadro 10. Costos directos de producción de jojoba, región de Valparaíso (\$/ha)

Ítem	Cantidad/ha	Costo directo (\$/ha)	Participación
Mano de Obra (JH)	49	833.000	56%
Maquinaria y Equipos (JM)	3	204.000	14%
Fertilizantes (Kg)	738	361.740	24%
Sanidad vegetal (l)	5	25.500	2%
Otros	-	70.000	5%
<b>TOTAL</b>		<b>1.494.240</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Bajo el supuesto que el productor o inversionista recurra a fuentes de financiamiento externos para el desarrollo y puesta en marcha de la actividad productiva en la estructura de costos, es necesario considerar el ítem costo financiero. Para lo anterior y a través de un proceso de amortización crediticia, se obtiene el costo financiero efectivo, el cual está en torno a \$600.000 (Tabla 5).

Tabla 5. Tabla de amortización para la determinación del costo financiero para el establecimiento y puesta en marcha de la producción de un huerto de jojoba en la región de Valparaíso (\$/ha).

TABLA DE AMORTIZACIÓN				
Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0	0	0	0	6.112.892
1	1.098.969	880.256	218.712	5.894.180
2	1.098.969	848.762	250.207	5.643.973
3	1.098.969	812.732	286.237	5.357.736
4	1.098.969	771.514	327.455	5.030.282
5	1.098.969	724.361	374.608	4.655.674
6	1.098.969	670.417	428.552	4.227.122
7	1.098.969	608.706	490.263	3.736.859
8	1.098.969	538.108	560.861	3.175.998
9	1.098.969	457.344	641.625	2.534.373
10	1.098.969	364.950	734.019	1.800.355
11	1.098.969	259.251	839.718	960.637
12	1.098.969	138.332	960.637	0

Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación del cálculo de los ingresos totales se consideró un precio por productor de \$2.800/kg. La distribución estimada de ingresos totales, producto de la comercialización de la jojoba se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Distribución de los ingresos totales por la venta y comercialización, a nivel interno de jojoba en un horizonte de análisis de 12 años.

Año	Ingreso Total (\$/ha)
1	-
2	-
3	1.344.000
4	2.688.000
5	4.480.000
6	6.720.000
7 al 12	11.200.000

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el flujo de caja, se puede mencionar que, dada la estructura y distribución de los niveles de ingresos y costos, se hace necesario contar con capital de trabajo en torno a los \$800.000 por hectárea para el establecimiento y puesta en marcha del huerto (ver Anexo 2).

Dado los antecedentes anteriores, es posible calcular una serie de indicadores económicos y financieros que permiten caracterizar el establecimiento y operación de un huerto de producción de jojoba en la región de Valparaíso.

Según los parámetros técnicos, productivos y económicos anteriormente observados y resumidos en el Cuadro 11, se puede señalar que:

1. Los beneficios económicos generados en un huerto para la producción de semillas de jojoba son de \$9.041.487.
2. Dado un nivel de precio por productor de \$2.800/kg, la cantidad mínima a comercializar y que permite a lo menos cubrir los costos directos de producción por hectárea es de 771 kg.

3. Dado el nivel de producción por hectárea, el precio mínimo de comercialización que permite cubrir los costos directos está en torno a \$540.
4. El Valor actual neto de la inversión en un horizonte de seis años se estima en \$22.573.813.
5. La Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión resultante es de 37%.
6. El periodo de recuperación de capital es al sexto año.

Cuadro 11. Resultado económico para la jojoba.

RESULTADO ECONÓMICO PARA LA JOJOBA	
Producción (kg/ha)	4.000
Precio (\$/kg)	2.800
<b>INGRESO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>11.200.000</b>
Costos directos (\$/ha)	1.494.240
Costo Financiero (\$/ha)	589.561
Otros (5%) (\$/ha)	74.712
<b>COSTO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>2.158.513</b>
<b>RESULTADO ECONÓMICO (\$/ha)</b>	<b>9.041.487</b>

Fuente: Elaboración propia.



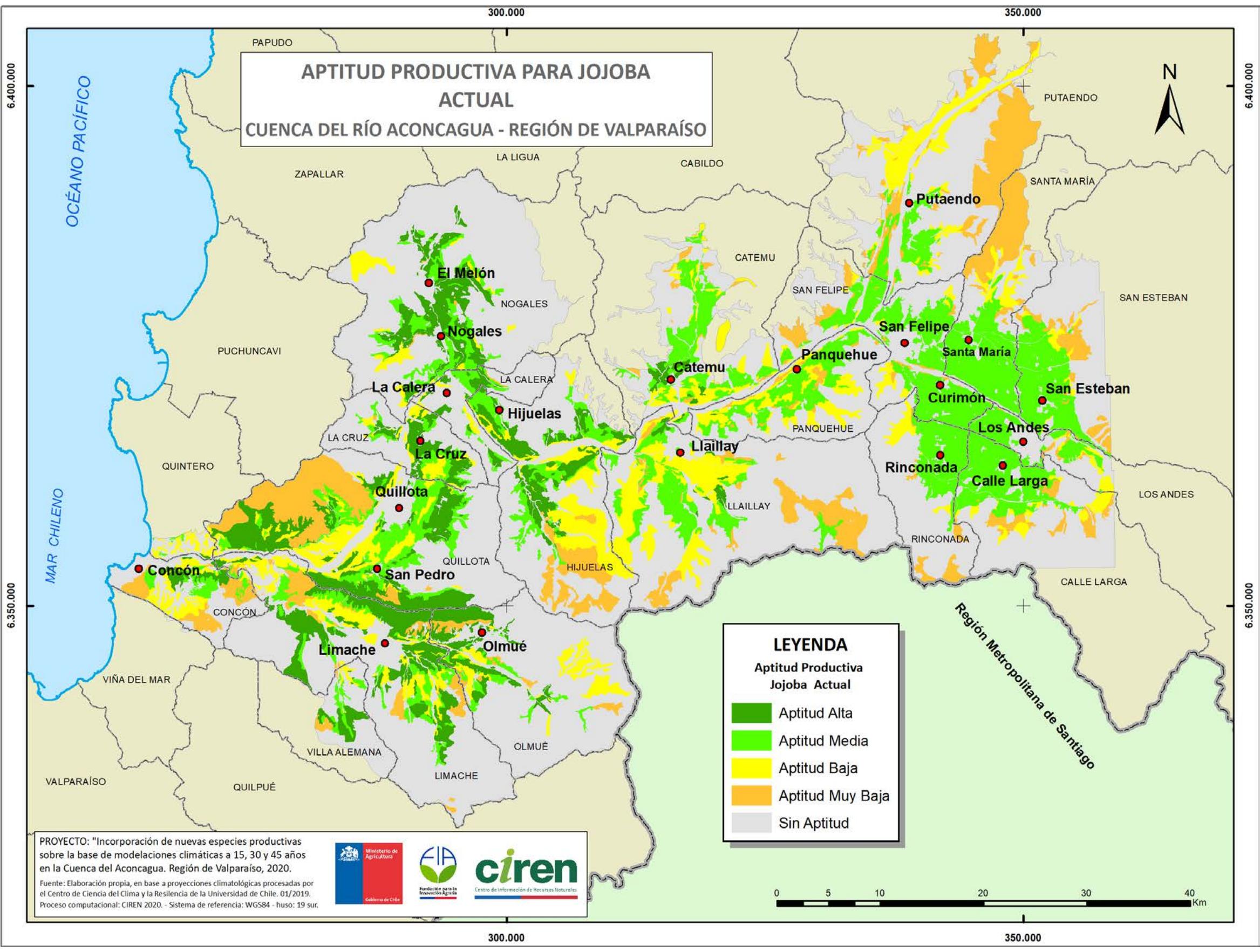
Figura 15. Imagen general Jojoba y agricultor.  
Fuente: commons.wikimedia.org

# Mapas de resultados de la jojoba



# APTITUD PRODUCTIVA PARA JOJOBA ACTUAL

## CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



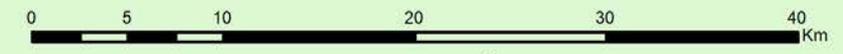
**LEYENDA**

Aptitud Productiva Jojoba Actual

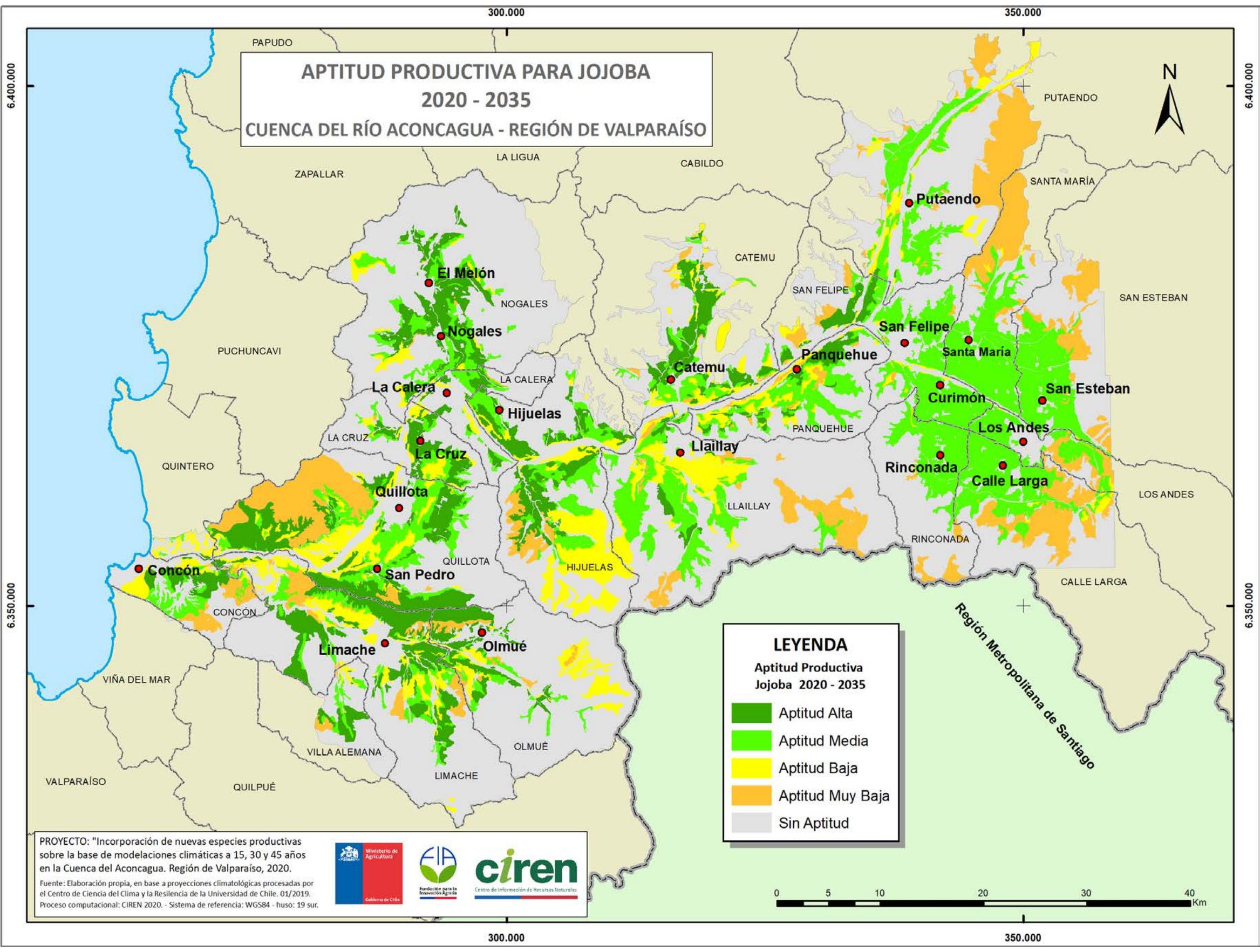
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



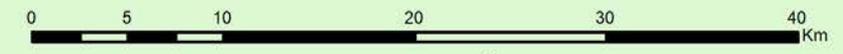
**APTITUD PRODUCTIVA PARA JOJOBA  
2020 - 2035**  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



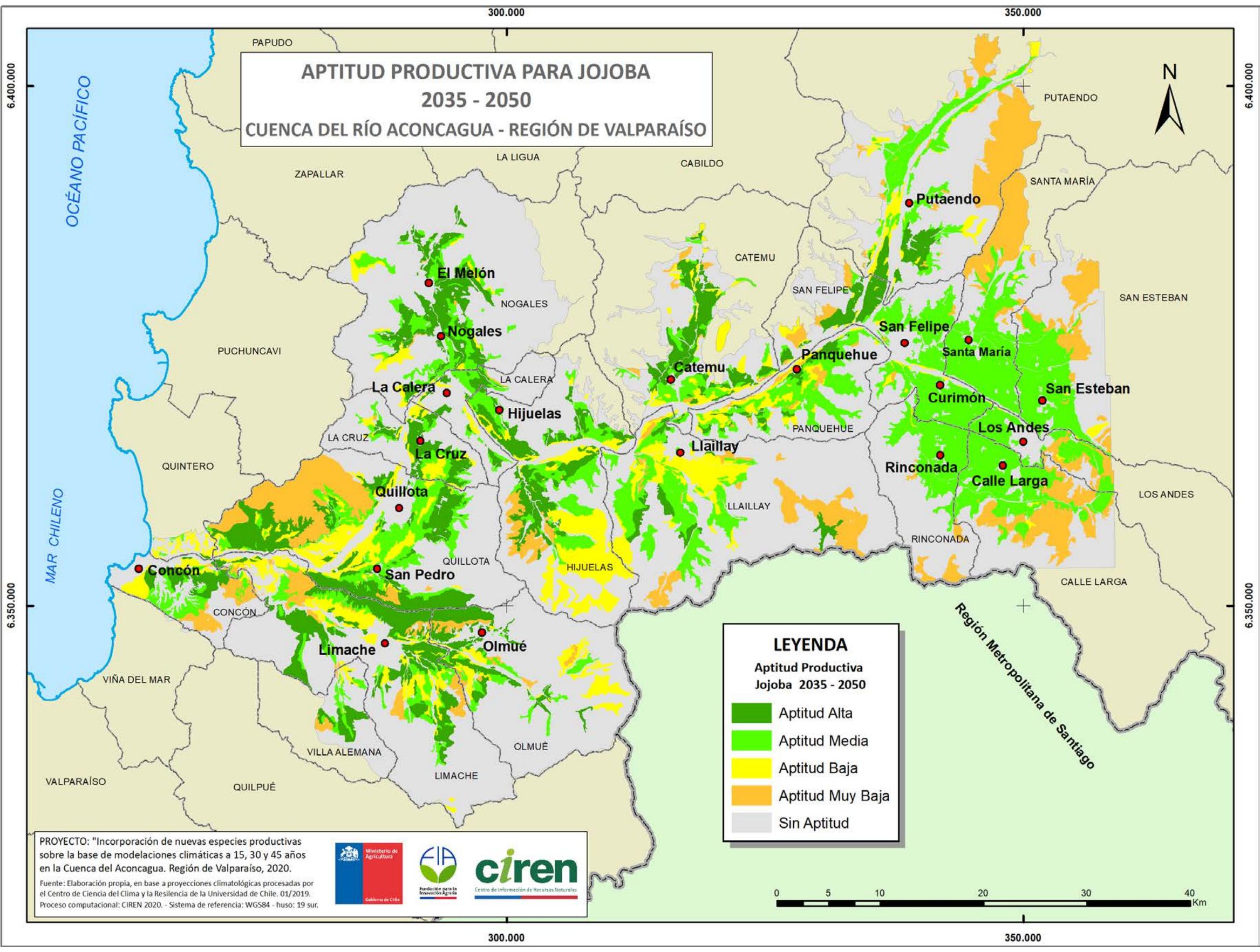
**LEYENDA**  
Aptitud Productiva Jojoba 2020 - 2035

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.  
Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019.  
Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA JOJOBA  
2035 - 2050  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**



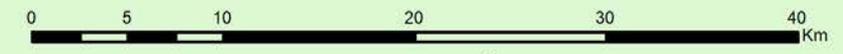
**LEYENDA**

Aptitud Productiva Jojoba 2035 - 2050

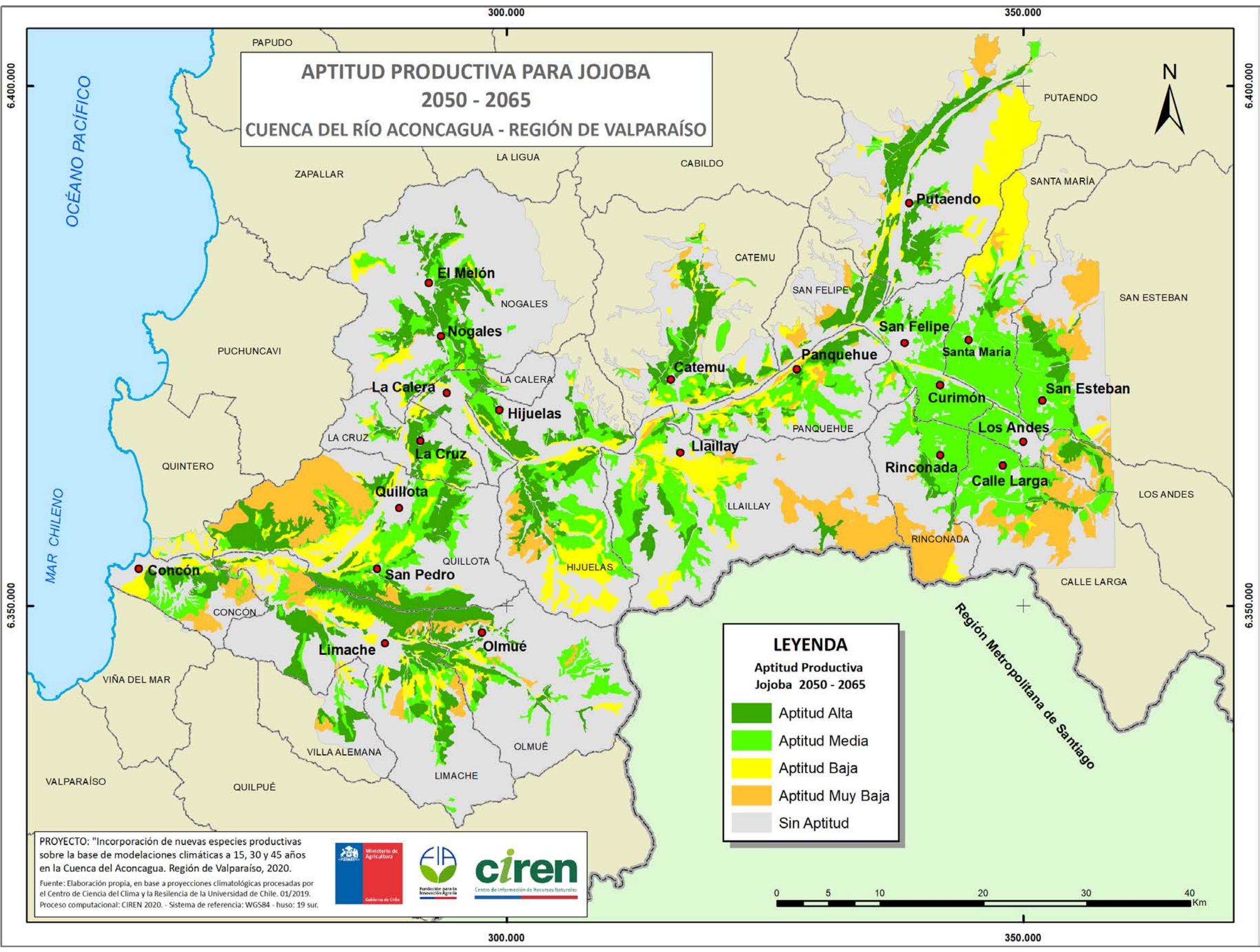
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA JOJOBA  
2050 - 2065  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**

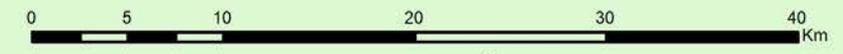


**LEYENDA**  
Aptitud Productiva Jojoba 2050 - 2065

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



# Pistacho

Pertenece a la familia  
de las Anacardiáceas



# Antecedentes generales

El pistachero (*Pistacia vera* L.) es un cultivo antiguo, el cual incluso aparece mencionado en la biblia, cuando sus frutos fueron llevados a Egipto. Este árbol es nativo de Asia y fue llevado a Europa a inicios de la era cristiana (CORFO, 1982). Sudzuki (1996) señala que se han encontrado nueces del pistacho en lugares arqueológicos de Irán y Jordania que datan del año 1.600 AC.

En Norteamérica se introdujo en el año 1854 pero recién iniciaron las investigaciones en el año 1929. Los agricultores se empezaron a fijar en el pistacho en el año 1960 en California (Sudzuki, El Pistacho, 1996). A Chile esta especie llegó en los años 40 a un huerto experimental de la Quinta Normal con plantas importadas por el Ministerio de Agricultura. Más tarde, en año 1979, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, importó semillas desde California las cuales fueron injertadas en cultivares comerciales en la década de los años 80 (Lavín, Reyes, & Almarza, 2006).

# Clasificación botánica

El pistachero es una especie caduca y dioica lo que quiere decir que las flores masculinas y femeninas están en árboles diferentes (Sáez, Sin año). Pertenece a la familia de las Anacardiceas al igual que el mango, el anacardio, el pimiento boliviano y el litre (CORFO, 1982).

Figura 16. Imagen general pistacho.  
Fuente: Ciren



# Morfología de la especie

El pistachero es un árbol de crecimiento lento que puede llegar hasta los 300 años. Puede alcanzar de 4 a 6 metros de altura, pero en condiciones de aridez es posible que adquiera una forma arbustiva o de árbol muy pequeño, alcanzando un máximo de crecimiento de los 2 metros. Por otro lado, un árbol de pistacho que es regado frecuentemente, según sean sus requerimientos, puede alcanzar alturas de hasta 15 metros (Sáez, Sin año).

“Las hojas son caducas, imparipinadas, compuestas de uno a cinco folíolos, generalmente trifoliadas, coriáceas, verde oscuras por el haz y verde pálido por el envés más tarde. Cada hoja sustenta sólo una yema axilar” (Saavedra, 2011).

El sistema radical es pivotante, lo que ayuda a la planta a tener resistencia a la sequía, por lo que es muy parecida al tamarugo, ya que ambos pueden captar agua de las napas subterráneas (Cruzat & Bachler, 2010), aunque en suelos de poca profundidad muestra raíces superficiales (Sudzuki, El Pistacho, 1996).

Las flores se presentan como inflorescencias en una panoja que contiene más de cien flores, tanto en las estaminadas (masculinas) como en las pistiladas (femeninas) (Lavín, Reyes, & Almarza, 2006). Con respecto a la floración, Sudzuki (1996) señala que la antesis femenina y masculina pueden diferir en dos a tres semanas, por lo tanto, es muy importante la elección de las variedades correctas para tener una polinización óptima, la cual es anemófila.



Figura 17. Hoja del pistacho.  
Fuente: Saavedra (2011)

Figura 18. Flor masculina del pistacho.  
Fuente: (Iberopistacho.com)

En el estudio de Ibacache (2001), se recomienda una planta macho por cada ocho plantas hembra. El periodo de floración femenina debe ser cubierto por más de un polinizante ya que el estigma de la flor permanece receptivo al polen durante tres a cinco días (Sudzuki, 1996).



Figura 19. Variedades presentes en Chile y sus polinizantes. Fuente: Almarza (2018)

El fruto corresponde a una semi drupa la cual puede llegar a pesar entre 1,4 a 1,8 gramos (Sudzuki, El Pistacho, 1996). Con respecto a la fructificación, esta se da solo en madera de 2 años (Cruzat & Bachler, 2010), pero es importante tener en cuenta que el pistachero entra en plena producción recién entre los 10 y 12 años (Saavedra, 2011). Aunque Lavín, Reyes & Almarza (2006) señalan que la plena producción se alcanza a los 7 u 8 años, y que los frutos caen dos semanas después de cuajados.



Figura 20. Nuez del pistacho. Fuente: Ciren

# Requerimientos climáticos

El pistachero se desarrolla de buena manera en climas calurosos con veranos largos y secos, y temperaturas máximas medias del mes más cálido (enero) sobre los 32°C (CORFO, 1982). No necesita de gran humedad ambiental, no requiere lluvias en verano, pero si requiere de muchas horas frío, en el rango de las 800 a 1000 (Ibacache, 2001). Según Sudzuki (1996), soporta temperaturas bajo 0°C durante el receso invernal (-20 y -23°C de mínimas absolutas en Irán), pero no es tolerante a las heladas durante la floración (-1°C). Esta especie no debe ser plantada sobre los 1000 msnm y requiere 2200 día grados desde inicio de floración a cosecha (Cruzat & Bachler, 2010). Por otro lado, Lavín, Reyes & Almarza (2006) señalan un rango entre los 2800 a 3600 día grados.

El pistachero requiere para ser establecido y lograr un buen desarrollo, de lugares soleados, con vientos suaves que permitan una buena polinización (anemófila). Establecer este cultivo en lugares con sombra provoca la muerte de árboles (Sudzuki, 1996).

# Suelo

El pistachero crece en suelos con requerimientos muy similares a los del olivo, la vid y el almendro. A continuación, se presenta un cuadro con los principales requerimientos extraídos desde la literatura:

Característica	Requerimiento	Observación
Textura	Franco – arenosa	No tolera suelos pesados ya que produce asfixia radicular.
pH	6 – 8	
Profundidad	30 – 100 centímetros	
Salinidad	8 – 9,4 dS/m	Tolera más salinidad comparado a otros cultivos.

Cuadro 12. Requerimientos de suelo para el cultivo del pistachero.

Fuente: Elaboración propia.

# Hídricos

A pesar de que el pistachero se señala como un cultivo tolerante a la sequía, si se establece de manera comercial, es necesario disponer del riego necesario, sobre todo en etapas críticas del cultivo, como son la floración, crecimiento y llenado del fruto (Lavín, Reyes, & Almarza, 2006).

Si las lluvias anuales no superan los 400 milímetros, este cultivo debe establecerse bajo riego (Lavín, Reyes, & Almarza, 2006). A su vez, Ibacache (2001) señala una frecuencia de riego de 10 a 14 días en suelos franco-arcillosos para frutales de nuez en riego por surcos, y de 7 días en suelos franco-arenosos, aunque la frecuencia también dependerá del clima predominante en la zona donde se establecerá el cultivo. Sudzuki (1996) señala que el riego debe darse principalmente en verano, y que éste debe ser por goteo.

En el siguiente cuadro se pueden observar los requerimientos hídricos del pistachero en diferentes países:

*Cuadro 13. Requerimientos hídricos del cultivo del pistacho en algunos países por hectárea al año.*

País	Requerimiento hídrico
Argentina	7000 metros cúbicos
EE. UU. (California)	10000 metros cúbicos
Australia	11200 metros cúbicos

*Fuente: Lavín, Reyes & Almarza (2006)*

# Fertilización

En primer lugar, se debe realizar un análisis de suelo y luego un análisis foliar, para determinar las deficiencias minerales, o las toxicidades por exceso de ellos.

En la siguiente tabla se presentan los niveles críticos de nutrientes en hojas (base peso seco) de un pistachero:

*Tabla 7. Niveles de nutrientes en hojas del pistachero.*

Nutriente	Unidad	Pistacho (*)
Nitrógeno	%	2,5 – 2,9
Fósforo	%	0,14 – 0,17
Potasio	%	1 – 2
Calcio	%	1,3 – 4
Magnesio	%	0,6 – 1,2
Sodio	%	¿?
Cloro	%	0,1 – 0,3
Boro	Ppm	120 – 150
Manganeso	Ppm	30 – 80
Zinc	Ppm	10 – 15
Cobre	Ppm	6 – 10

*(\*) El muestreo se realizó en hojuelas subterminales de brotes de la temporada sin frutos, desde el 15 de enero a fines de febrero del año 2001.*

*Fuente: Ibacache (2001)*

Con respecto a la fertilización nitrogenada, los frutales de nuez absorben este elemento de mejor manera durante el periodo de crecimiento (primavera – verano). Se recomienda aplicar en mayor proporción durante el desarrollo y llenado del fruto (diciembre – febrero) (Ibacache, 2001).

En la siguiente tabla se presentan los requerimientos de nutrientes en árboles adultos que se encuentran en plena producción:

*Tabla 8. Requerimientos de nutrientes en árboles adultos de pistacho.*

Nutriente	Dosis de aplicación (kg/árbol)	Dosis de aplicación (kg/árbol)	
		Densidad de 100 plantas/ha (10x10)	Densidad de 204 plantas/ha (7x7)
Nitrógeno (N)	0,5 – 2	50 – 200	102 – 408
Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,7 - 3	70 - 300	143 – 612

*Fuente: Ibacache (2001)*

# Manejo y principales variedades

Sudzuki (1996) indica que los métodos más comunes de multiplicación son: por semilla y por injerto. Los patrones o portainjertos más utilizados son P. atlántica, P. tenebinthus L. y P. intergerrima, los cuales tienen un vigor muy alto y poseen resistencia a nemátodos y hongos (Cruzat & Bachler, 2010).

Cuadro 14. Características de los principales portainjertos utilizados en el cultivo del pistachero (SD=sin datos)

Característica	P. integerrima	P. terebinthus	P. atlantica	P. vera	UCB-1
VIGOR	Alto	Moderado	Alto	Bajo	Muy alto
LONGEVIDAD	SD	Alta	SD	Alta (Más de 150 años)	SD
TOLERANCIA A FRÍO	Muy baja	Muy alta	Moderada	Alta	Moderada
SALINIDAD	Tolerante	Muy tolerante	Tolerante	Moderado	Tolerante
RUSTICIDAD	SD	Muy buena	Buena	Buena	
RESISTENCIA A ENFERMEDADES Armillaria Verticillium	Moderada Alta	Alta Baja	Baja Baja	Susceptible a nemátodos Baja	Alta Moderada
EFICIENCIA NUTRICIONAL (Zn, B, y Cu)	Moderada	Alta	Moderada	Moderada	Moderada
PAÍS EN QUE SE UTILIZA	EEUU	Australia, Italia Grecia, Turquía España	Marruecos, Túnez, Argelia, Iraq, Iran, <b>Chile</b>	Asia central	EEUU

Fuente: Almarza (2018)

Lavín, Reyes & Almarza (2006), indican el porcentaje de prendimiento del injerto como uno de los principales problemas que presenta el cultivo, y que a raíz de esto no ha podido ser introducido en muchos países, pero si realizan una serie de recomendaciones, el injerto tiene éxito.

Cuadro 15. Factores que considerar para una injertación exitosa.

<b>Injerto de chip en primavera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El material vegetal para reproducir debe provenir de un huerto confiable, que garantice tanto las variedades como sus polinizantes.</li> <li>Seleccionar ramillas lignificadas del año anterior, con yemas vegetativas bien desarrolladas, que sean obtenidas de huertos jóvenes que aún no entran en producción y en pleno receso vegetativo.</li> <li>Guardar las ramillas en paquetes de 25 unidades, envueltas en papel húmedo y en bolsas negras selladas a 2°C.</li> <li>Injertar a comienzos de primavera, con temperaturas entre 20 y 22°C, con injerto de chip (yema con un trozo de madera).</li> <li>El diámetro de la ramilla debe ser muy parecido al de un porta injerto, para que la yema calce correctamente.</li> <li>Se debe amarrar con firmeza y envolver de arriba hacia abajo, para que la yema se inserte en el sacado hecho en el portainjerto y haga contacto.</li> <li>Las amarras no deben ser retiradas antes de que el injerto esté completamente brotado (a lo menos 4 hojas).</li> <li>Este tipo de injerto es utilizado en Chile en viveros con plantas en bolsas y se obtiene entre un 50% y 60% de prendimiento. Los resultados de prendimiento en terreno definitivo superan el 70%.</li> </ul>
<b>Injerto de parche en verano</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este injerto se realiza con yemas lignificadas del año. En Chile esto ocurre a mediados de enero.</li> <li>Se utiliza una cuchilla de doble hoja, que deben tener 1,5 cm de separación.</li> <li>Este injerto debe realizarse en horas de menor temperatura (en la mañana o al atardecer). Las ramillas deben ser mantenidas en cajas de Aislapol para su conservación.</li> <li>En Chile es usado principalmente en terreno definitivo. Su porcentaje de prendimiento es superior al injerto de chip, habiéndose obtenido resultados del 90%.</li> </ul>

Fuente: Lavín, Reyes & Almarza (2006.)

En el pistachero se debe realizar un entutorado después de la injertación, para proteger el brote originado de la yema injertada en el patrón, y debe guiarse de manera vertical hasta que alcance los 1,5 m en las hembras y 2 m en los machos, sujetando el brote en 2 o 3 puntos a la guía (Sáez, Sin año).

En lo referido al diseño del huerto, Ibacache (2001) recomienda unas distancias de 4x4 m a 8x8 m. En cambio, Sudzuki (1996), señala distancias de 4,5 x 5 m y 5x7 m, además de una de 10x10 m utilizada en regiones secas y sin riego, debido al crecimiento horizontal de las raíces. Además, recomienda plantar un macho por cada 8 o 12 hembras para lograr cuajas exitosas. Lo anterior, se refleja en las siguientes figuras:

Figura 21. Disposición del huerto en una plantación sin viento dominante.



Figura 22. Disposición de un huerto en una plantación con viento dominante noroeste.



Las podas en el pistachero comienzan durante el primer año de crecimiento del injerto (poda de formación). Se debe cortar la dominancia apical a una altura de 70 a 100 centímetros, lo que ocasionará la emisión de 3 a 5 ramas laterales (sistema de copa) o separando ramas a 30 centímetros sobre el eje (sistema de eje modificado). Según Ibacache (2001), el sistema de copa se da especialmente en almendro, pistachero y avellano, donde “se seleccionan 3 o 4 ramas principales, separadas entre sí por 15 a 20 cm, distribuidas en diferentes direcciones para equilibrar el árbol. La primera rama se ubica unos 70 cm sobre el suelo”.

Luego de la poda de formación, se realiza una poda de producción, donde se recomienda despuntar brotes nuevos a 75 centímetros, logrando con esto la brotación de yemas laterales en las ramas madres. Es importante señalar que las yemas laterales son vegetativas durante los primeros 4 a 5 años (Sudzuki, 1996).

Luego de estas dos podas se sugieren podas (en árboles adultos) para eliminar ramas enfermas, débiles, secas, o muy vigorosas que provoquen sombra (Cruzat & Bachler, 2010).

Es importante destacar, que el pistachero comienza a emitir yemas florales, como las que se observan en la siguiente imagen, recién al 5 o 6 año (Sudzuki, El Pistacho, 1996).



Figura 23. Yemas vegetativas arriba y florales abajo en variedad Kerman.  
Fuente: Saavedra (2011)

En relación con las variedades en Chile, Lavín, Reyes & Almarza (2006), señalan que es conveniente elegir variedades de madurez temprana, en desmedro de las más tardías, debido a las primaveras y veranos templados.

Las principales variedades de pistacho se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Principales variedades de pistacho macho y hembra.

VARIEDADES DE PISTACHO	
Variedades hembra	Variedades macho
Kerman	Peters
Sirora	Ask
Larnaca	Chico
Aegina,	
Red Aleppo	
Sfax	

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ibacache (2001)

Por otro lado, Lavín, Reyes & Almarza (2006) señalan algunas características importantes tanto de plantas como de frutos de pistachero, muy importantes para tener en cuenta en la toma de decisión de que variedad es la más idónea para cada productor.

Cuadro 17. Principales características de variedades (plantas y frutos) de pistachero.

Variedad	Árbol				Frutos			
	Vigor	Floración	Producción	Vecería	Tamaño	Forma	Vacios	Dehiscencia
Kastel	Medio	Tardía	Media	Media	Grande	Redondo	Medio	Alta
Boundoky	Alto	Media	Baja	Media	Pequeño	Ovalado	Alto	Baja
Sfax	Medio	Media	Media	Media	Pequeño	Alargado	Medio	Media
Batoury	Medio	Temprana	Media	Baja	Grande	Alargado	Alto	Baja
Lathwardy	Medio	Media	Alta	Baja	Pequeño	Alargado	Medio	Baja
Joley	Medio	Media	Alta	Alta	Mediano	Alargado	Bajo	Alta
Ouleimy	Alto	Media	Baja	Media	Mediano	Alargado	Medio	Baja
Bronte	Medio	Media	Baja	Media	Pequeño	Alargado	Alto	Baja
Iraq	Bajo	Temprana	Media	Media	Mediano	Alargado	Medio	Alta
Kerman	Medio	Tardía	Media	Alta	Grande	Redondo	Alto	Baja
Mateur	Alto	Temprana	Alta	Media	Mediano	Alargado	Medio	Media
Lárnaka	Medio	Temprana	Alta	Baja	Mediano	Alargado	Bajo	Alta
Aegina	Medio	Temprana	Alta	Alta	Mediano	Alargado	Medio	Media
Ashoury	Alto	Temprana	Media	Media	Mediano	Alargado	Alto	Alta
Napolitana	Medio	Media	Baja	Media	Mediano	Alargado	Alto	Baja
Avidon	Bajo	Media	Baja	Alta	Pequeño	Ovalado	Medio	Alta
Avdat	Alto	Temprana	Media	Media	Mediano	Alargado	Medio	Alta

Fuente: Lavín, Reyes & Almarza (2006)

# Principales plagas y enfermedades

Cuando el pistachero es establecido en zonas de más aridez, presenta una baja incidencia de enfermedades, sobre todo por la baja humedad en el ambiente, que genera la proliferación de hongos (Sudzuki, El Pistacho, 1996).

En Chile, el fruto del pistacho puede ser atacado por *Plodia interpunctella* o polilla de las indias, las raíces por nemátodos del género *Meloidogyne* en suelos pesados. También, se ha detectado *Alternaria* en lugares con alta humedad relativa y de mucha lluvia. Otro daño causado en las raíces puede ser por *Phytophthora* parasítica, también en suelos pesados y mal drenados, pero el mayor daño es provocado por *Verticillium alboatrum* y *Armillaria mellea*, las cuales destruyen los árboles por completo (Sudzuki, El Pistacho, 1996).

Dentro de las plagas que atacan al pistachero además de la polilla de las indias, se encuentran el chinche pardo de los frutales y las conchuelas (Saavedra, 2011).



Figura 24. Chinche pardo de los frutales (*Leptoglossus chilensis spin*) izquierda, y daño producido en el fruto a la derecha. Fuente: Saavedra (2011)

# Cosecha

El pistachero es una especie que tiene añerismo, esto significa que fructifica a gran escala en el primer año, disminuyendo al siguiente. Como vimos anteriormente, este árbol fructifica al quinto o sexto año de injertación y un árbol adulto produce en promedio alrededor de 20 a 30 kilos (Sudzuki, El Pistacho, 1996).

Cuadro 18. Producción a diferentes años en kg/árbol.

Años	Producción
8 años	2 kilos/árbol
10 años	5 – 10 kilos/árbol
30 años	20 – 25 kilos/árbol
50 – 60 años	75 – 100 kilos/árbol

Fuente: (Sudzuki, El Pistacho, 1996)

“La cosecha se realiza cuando el pelón se separa fácilmente de la cáscara al presionar el fruto sobre el eje de mayor longitud entre el dedo pulgar y el índice” (Saavedra, 2011). También cuando la parte externa del fruto se ha vuelto rojizo – blanquecina.

Las nueces del pistachero se cosechan con un 40% a 45% de humedad, lo cual debe llevarse a 5%, esto se puede hacer mediante corrientes de aire caliente o simplemente disponer las nueces en camas a pleno sol (Sudzuki, El Pistacho, 1996).

La cosecha se puede realizar de manera manual (plantas jóvenes) o mecanizada (plantas adultas), y esta debe realizarse en dos a tres semanas para que no se deteriore el pelón (Saavedra, 2011).

# Antecedentes económicos

## Situación mundial de pistachos (Pistacia Vera)

La producción de pistachos a nivel mundial se ha expandido en forma significativa en los últimos ocho años, observándose una tasa de crecimiento promedio de 85 mil toneladas, con una cantidad promedio en el periodo de 885 mil toneladas, una cantidad mínima observada de 553 mil toneladas en el año 2009 y un máximo de 1.376 mil toneladas en el año 2018 (Gráfico 3).

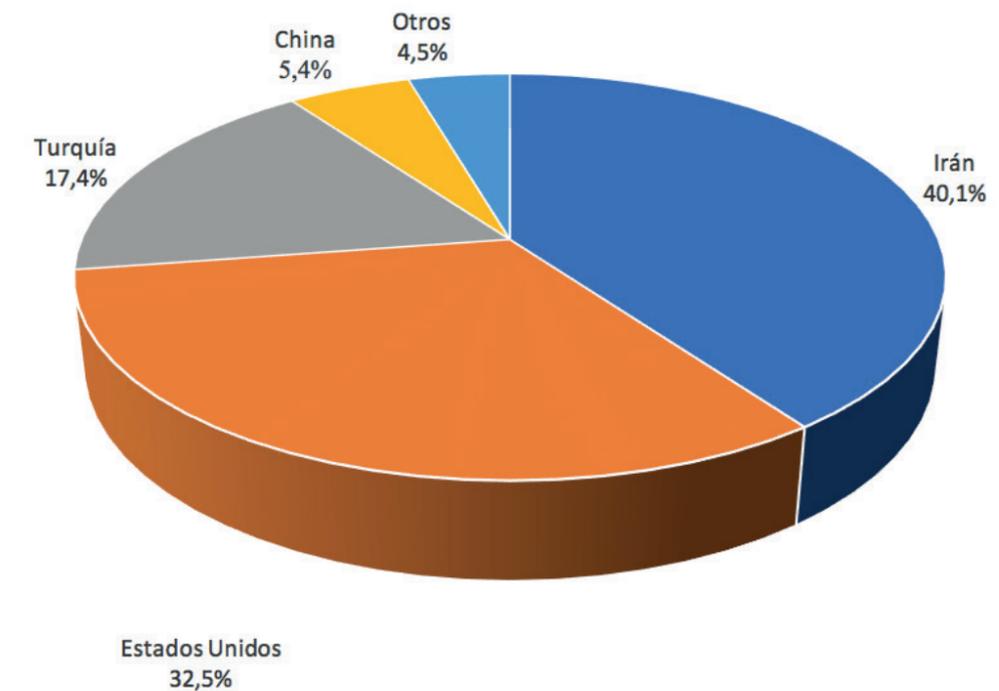
Gráfico 3. Producción Mundial de pistachos, periodo 2009-2018.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT (2020).

Al analizar la estructura de la producción por país, se puede mencionar que los principales países productores de pistachos son: Irán con un 40,1% de la producción mundial, seguido de Estados Unidos con una participación de 32,5%; Turquía con 17,4% y China con un 5,4% (FAOSTAT, 2020).

Gráfico 4. Distribución porcentual de la producción mundial por país, año 2018.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT (2020).

# Exportaciones mundiales de pistachos

En los últimos ocho años, el volumen de las exportaciones mundiales de pistachos se ha expandido a tasas relativamente bajas con un promedio anual en torno a las 8 mil toneladas, con un promedio de 346 mil toneladas exportadas, un máximo de 407 mil toneladas en el año 2017 y un mínimo de 255 mil toneladas exportada en el año 2015.

Respecto a las exportaciones, en el Gráfico 5 se puede observar una curva de crecimiento sostenido del valor total con una tasa de crecimiento promedio entre los años 2012-2019 del orden de US\$50 mil por año con un valor promedio durante ese periodo de US\$ 3 millones y otro máximo de US\$2,9 millones para el año 2019 (FAOSTAT y TRADEMAP, 2020).

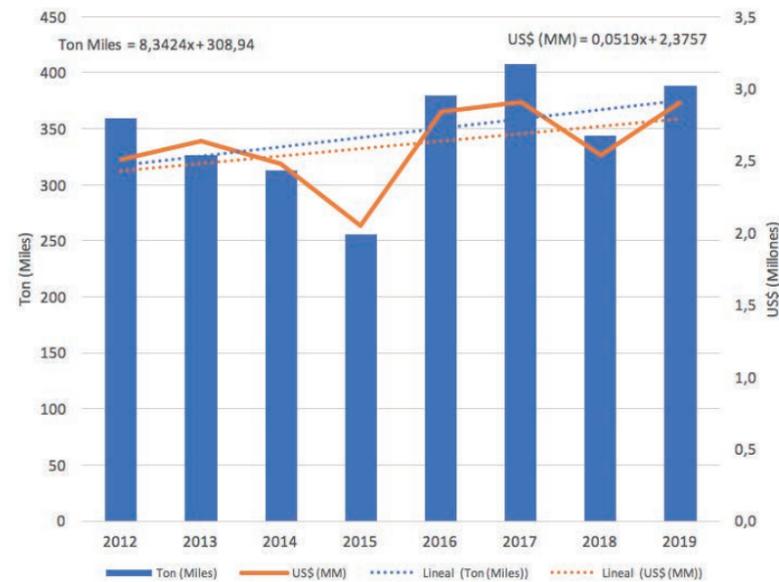
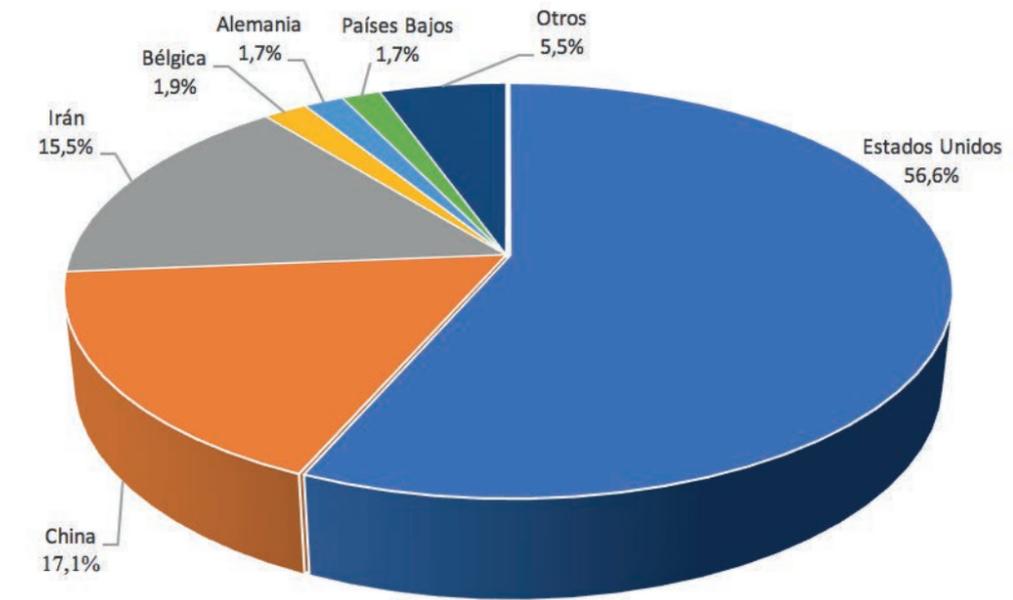


Gráfico 5. Exportaciones mundiales en valor y volumen de pistachos, periodo 2012-2019.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020).

Al analizar la estructura de las exportaciones mundiales por país, que se expone a continuación en el siguiente gráfico, los principales países exportadores para el año 2019 fueron: Estados Unidos con un 56,6% de las exportaciones totales, China con una participación de 17,1% a continuación, Irán con 15,5% del volumen total exportado, Bélgica con 1,9%; Alemania y Países Bajos con 1,7%, respectivamente (FAOSTAT y TRADEMAP, 2020).

Gráfico 6. Distribución porcentual de las exportaciones de pistachos por país, año 2019.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020)

# Importaciones mundiales de pistachos

Las importaciones mundiales de pistachos, en los últimos ocho años se han expandido en forma significativa con volúmenes medios en torno a las 12 mil toneladas al año con un valor promedio de 285,9 mil toneladas, registrándose un valor máximo de 360 mil toneladas en el año 2019 y un mínimo de 236 mil toneladas para el año 2015.

Respecto al valor de las importaciones, en el Gráfico N°7 se puede observar un crecimiento sostenido en el valor de las importaciones con una tasa de crecimiento promedio durante el periodo 2012-2019, del orden de US\$100.000, con un valor promedio de US\$2,17 millones, registrándose un valor máximo importado de US\$2,8 millones en el año 2019 y un valor mínimo de US\$1,93 millones en el año 2015 (FAOSTAT y TRADEMAP, 2020).

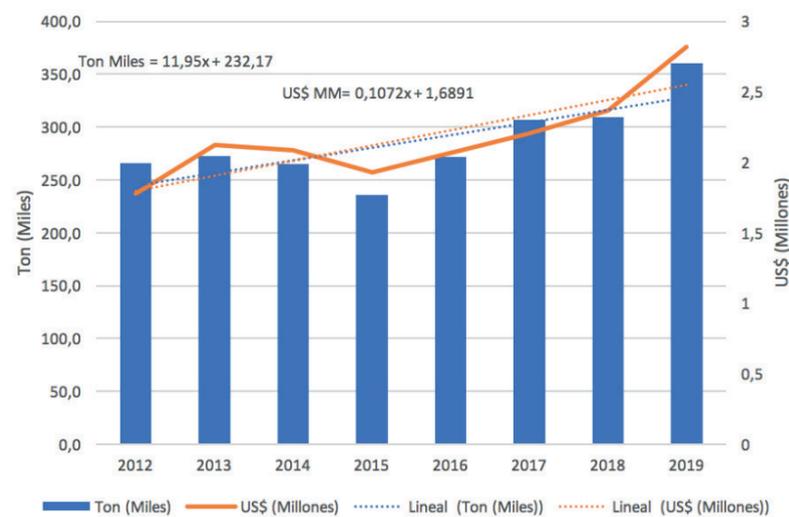
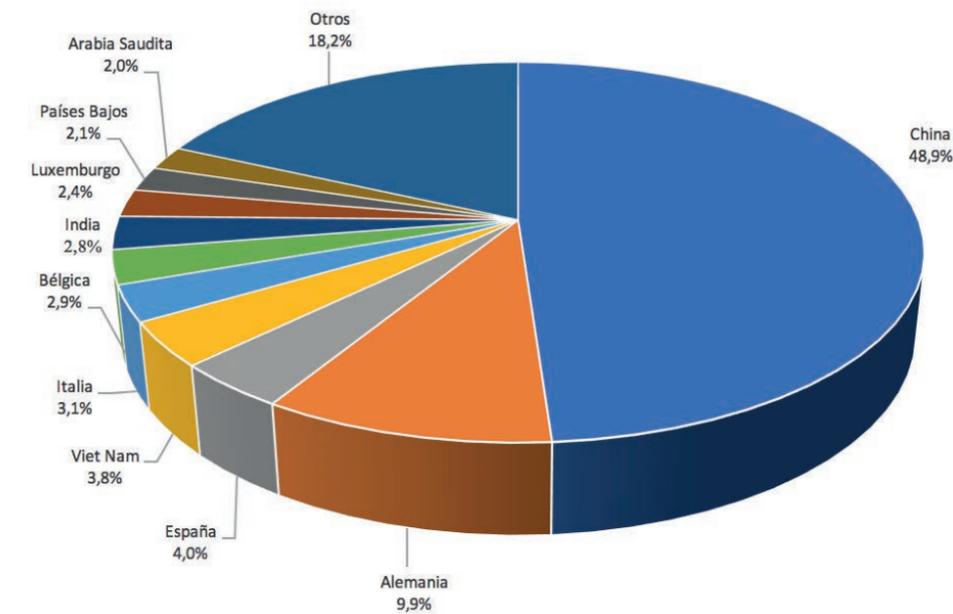


Gráfico 7. Importaciones mundiales en valor y volumen de pistachos, periodo 2010-2019.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020)

En el siguiente gráfico se observan los principales países importadores para el año 2019, que fueron: China con un 48,9% de las importaciones totales, Alemania con una participación de 9,9%, España con 4,0% del volumen total importado, Vietnam con 3,8%; Italia con un 3,1%; Bélgica con un 2,9%; India con 2,8%; Luxemburgo con 2,4% y por último Países Bajos y Arabia Saudita con 2,1% y 2,0%, respectivamente (TRADEMAP, 2020).

Gráfico 8. Distribución porcentual de las importaciones mundiales de pistachos por país, año 2019.



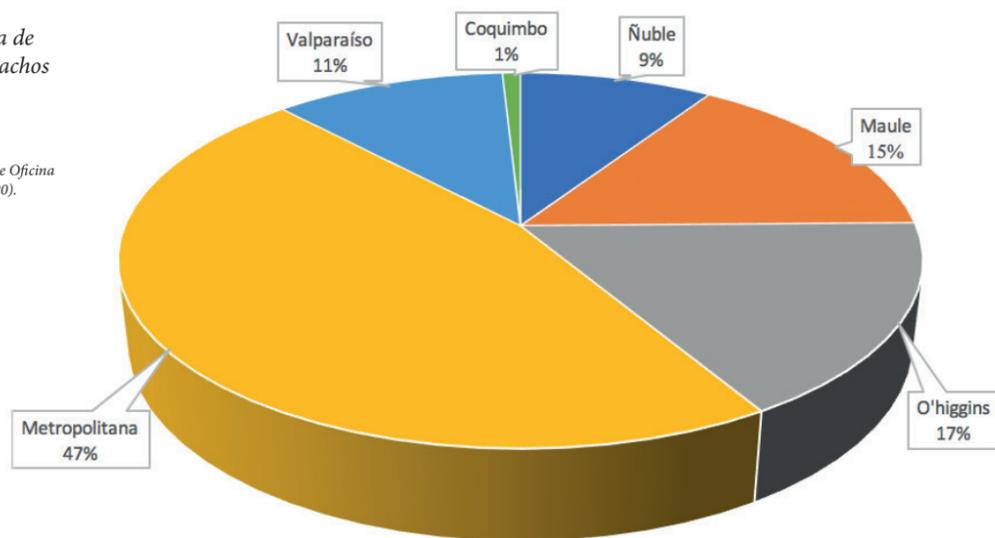
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020).

# Superficie cultivada con pistachos en Chile

Considerando la información publicada en los catastros frutícolas realizados entre los años 2017 - 2019, la superficie de huertos frutales cultivados con pistachos en Chile alcanzó un total de 103,5 mil hectáreas. La región Metropolitana encabezó la lista con 46,6% de la superficie total nacional, seguida por la región de O'Higgins con un 16,7% la región del Maule con un 15,0%, la región de Valparaíso con 11,5%; la región de Ñuble con un 9,6% y por último la región de Coquimbo con solo 0,9% de la superficie total cultivada (Gráfico 9).

Gráfico 9. Distribución relativa de la superficie cultivada con pistachos por región, según el catastro frutícola 2017- 2019.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA (2020).



# Comercio internacional chileno

La balanza comercial de pistachos, en los últimos ocho años, ha resultado ser negativa en forma continua, con un el nivel de importaciones que ha superado en forma significativa a las exportaciones que se sitúan en promedio en los US\$652 mil durante el periodo 2012-2019 (Gráfico 10).

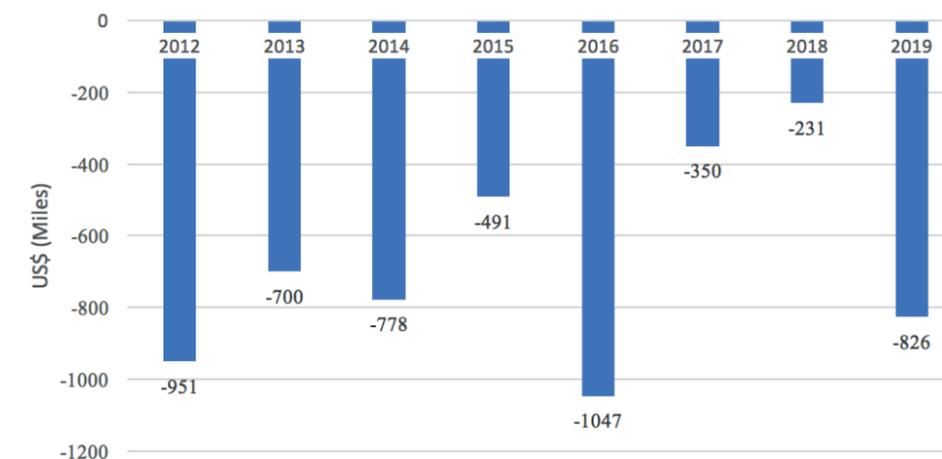


Gráfico 10. Balanza comercial de pistachos en valor, periodo 2012-2019.

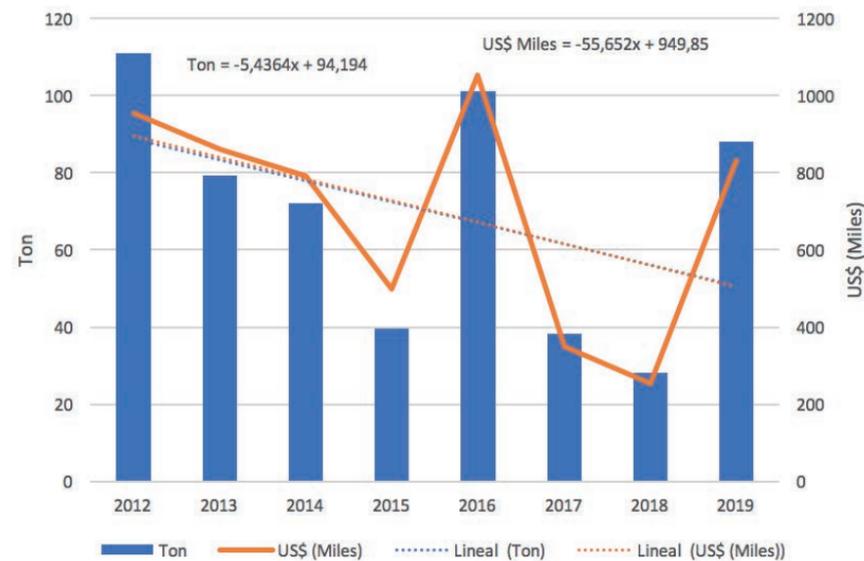
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de comercio exterior de ODEPA (2020).

# Importaciones chilenas de pistachos

Para el periodo comprendido entre los años 2012-2019, las importaciones de pistachos, tanto en valor como en volumen, han disminuido a tasas de 5 toneladas año, con una cantidad promedio de 70 toneladas, una cantidad máxima de 101 toneladas en el año 2016 y una cantidad mínima observada de 28 toneladas en el año 2018. En relación con el valor de las importaciones, en el periodo bajo análisis, las importaciones disminuyeron a tasas promedio de US\$55 mil, con un valor promedio de US\$699 mil, un valor máximo de US\$1 millón y un valor mínimo de US\$254 mil (Gráfico 11).

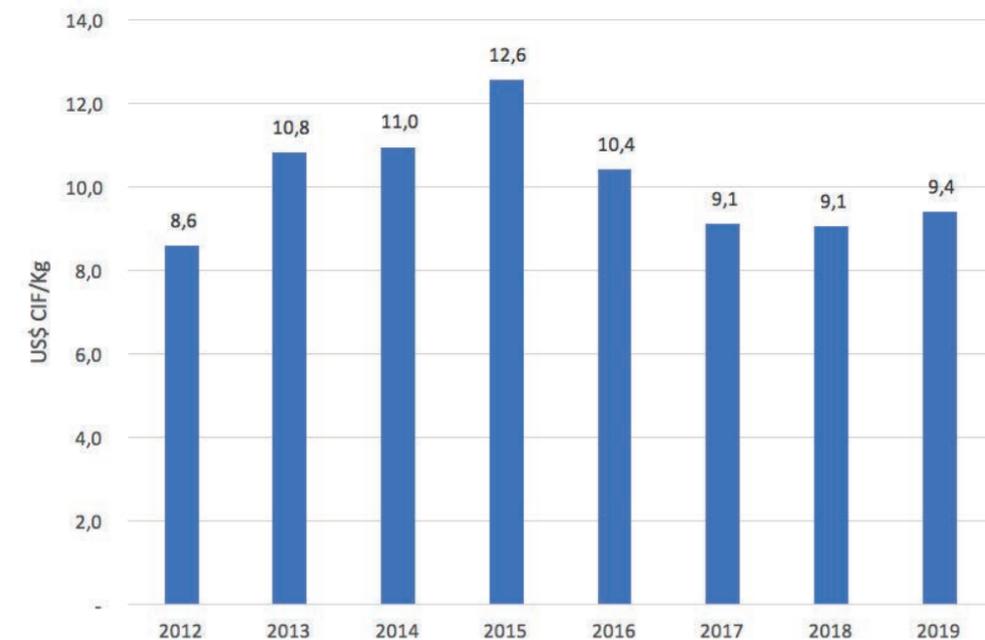
Gráfico 11. Importaciones de pistachos en volumen y valor, periodo 2012-2019.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de comercio exterior de ODEPA (2020).



En el Gráfico 12, se puede observar la evolución de los precios “Cost Insurance and Freight” (CIF) de importación para la glosa pistachos con cáscaras, frescos o secos (código SACH 08025100). En el periodo bajo análisis, se observa una leve tendencia a la baja en los precios de importación con una tasa de disminución promedio de US\$0,13 por kilogramo año, con un valor máximo de US\$12,6/kg (año 2015), un mínimo de US\$8,6/kg observado en el año 2012.

Gráfico 12. Evolución de los precios de importación de Pistachos con cáscaras, periodo 2012-2019.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de ODEPA (2020)

# Análisis económico-financiero en la producción de pistachos en la región de Valparaíso

En el siguiente capítulo se desarrolla y analiza el nivel de inversión, costos directos de producción y resultado económico-financiero del establecimiento de un huerto para producción de pistachos en la región de Valparaíso. Para lo anterior, se asumen los siguientes supuestos: nivel tecnológico medio, densidad de plantación de 500 plantas por hectárea, riego por goteo y uso Red Aleppo<sup>1</sup> como unidad varietal de producción, un rendimiento de 4.000 kg/ha y un nivel de inversión inicial por hectárea de aproximadamente de \$8.000.000.

Desde el punto de vista comercial, más del 90% de la producción nacional se destina al mercado interno y el diferencial al mercado externo. El flujo de ingresos y costos se estima en un periodo de 12 años, considerando una tasa de descuento del 10%.

En la Tabla 9, se puede observar la distribución de producción por hectárea para un periodo de 12 años, donde se visualiza que en el noveno año se alcanza la máxima producción de 4.000 kg por hectárea.

Tabla 9. Distribución temporal de la producción de un huerto de pistachos en la región del Maule (Kg/ha)

Año	Producción (Kg)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	960
7	2.080
8	3.200
9	4.000
10	4.000
11	4.000
12	4.000

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los costos directos de producción, en el Cuadro 19, se observa el costo por ítem de producción y su participación relativa de los costos totales, todo lo anterior considerando la demanda de factores productivos en el año de mayor nivel producción. Los principales ítems en el costo directo de producción son: la mano de obra representando un 30% de los costos directos de producción, maquinarias y equipos con un 24%; insumos fitosanitarios con una participación de 20% y fertilizantes y bioestimulantes con una participación 15% de los costos directos de producción.

Cuadro 19. Costos directos de producción de Pistachos, región del Maule (\$/ha)

Ítem	Cantidad (JH, JM, L, kg/ha)	Costo directo de producción (\$/ha)	Participación
Mano de Obra	48,4 JH	822.800	39%
Maquinarias y equipos	11 JM	487.300	24%
Fertilizantes	492 kg/ha	307.430	15%
Productos fitosanitarios	12 L/ha	419.000	20%
Otros	-	30.000	1,5%
<b>TOTAL</b>		<b>2.066.530</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Bajo el supuesto de que el sistema financiero es la fuente inicial de los recursos para la puesta en marcha de la actividad productiva, es necesario considerar en la estructura de costos el ítem financiero. Por medio de un proceso de amortización crediticia se obtiene el costo financiero efectivo, que en promedio es \$964.064 (Tabla 10).

(1) Información proporcionada por Empresa Pistacho JM.

Tabla 10. Amortización para la determinación del costo financiero en el establecimiento y capital de trabajo en la puesta en marcha y producción de un huerto de pistachos (\$/ha).

TABLA DE AMORTIZACIÓN				
Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0	0	0	0	\$ 10.291.130
1	1.850.127	1.481.923	368.205	9.922.925
2	1.850.127	1.428.901	421.226	9.501.699
3	1.850.127	1.368.245	481.883	9.019.816
4	1.850.127	1.298.854	551.274	8.468.542
5	1.850.127	1.219.470	630.657	7.837.885
6	1.850.127	1.128.655	721.472	7.116.413
7	1.850.127	1.024.763	825.364	6.291.049
8	1.850.127	905.911	944.216	5.346.833
9	1.850.127	769.944	1.080.184	4.266.649
10	1.850.127	614.397	1.235.730	3.030.919
11	1.850.127	436.452	1.413.675	1.617.244
12	1.850.127	232.883	1.617.244	0

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de los ingresos totales, en relación con la estructura de ingresos, se consideró un precio por productor de \$5.680/kg. En la Tabla 11, se observa la distribución de ingresos totales en el horizonte de análisis, en donde se visualiza que al noveno año se alcanza el nivel de plena producción y mayor nivel de ingreso total por hectárea, con un valor aproximado de \$26.320.000.

En relación con el flujo de caja, se puede mencionar que, dada la estructura y distribución de los niveles de ingresos y costos, se hace necesario contar con capital de trabajo en torno a los \$2.300.000 por hectárea, lo que sumado a la inversión inicial para el establecimiento del huerto, requiere un monto inicial aproximado de \$10.300.000 por hectárea (ver Anexo 2).

Tabla 11. Distribución de los ingresos totales por la venta y comercialización de pistachos por hectárea en un horizonte de análisis de 12 años.

Año	Producción (kg/ha)	Interno (\$/ha)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	960	6.316.800
7	2.080	13.686.400
8	3.200	21.056.000
9	4.000	26.320.000
10	4.000	26.320.000
11	4.000	26.320.000
12	4.000	26.320.000

Fuente: Elaboración propia.

Dado los antecedentes anteriores, es posible calcular una serie de indicadores económicos y financieros que permiten caracterizar el establecimiento y operación de un huerto de pistachos en la región del Maule.

Según los parámetros técnicos, productivos y económicos anteriormente observados, en el Cuadro 19, se puede señalar que:

1. Los beneficios económicos generados en un huerto en plena producción para una hectárea de pistachos es de \$23.157.610.
2. Dado un nivel de precio por productor de \$6.580/kg, la cantidad mínima a comercializar y que permite cubrir los costos directos de producción es de 480 kg/ha.
3. Dado el nivel de producción por hectárea, el precio mínimo de comercialización para cubrir los costos directos está en torno a \$790.
4. El Valor actual neto de la inversión en un horizonte de 12 años se estima en \$ 40.366.477.
5. La Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión resultante es de 34%.
6. El periodo de recuperación de capital es al séptimo año.

Cuadro 20. Resultado económico para el pistacho.

RESULTADO ECONÓMICO PARA EL PISTACHO	
Producción (kg/ha)	4.000
Precio (\$/kg)	6.580
<b>INGRESO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>26.320.000</b>
Costos directos (\$/ha)	2.066.530
Costo Financiero (\$/ha)	992.533
Otros (5%) (\$/ha)	103.327
<b>COSTO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>3.162.390</b>
<b>BENEFICIO ECONÓMICO (\$/ha)</b>	<b>23.157.610</b>

Fuente: Elaboración propia.

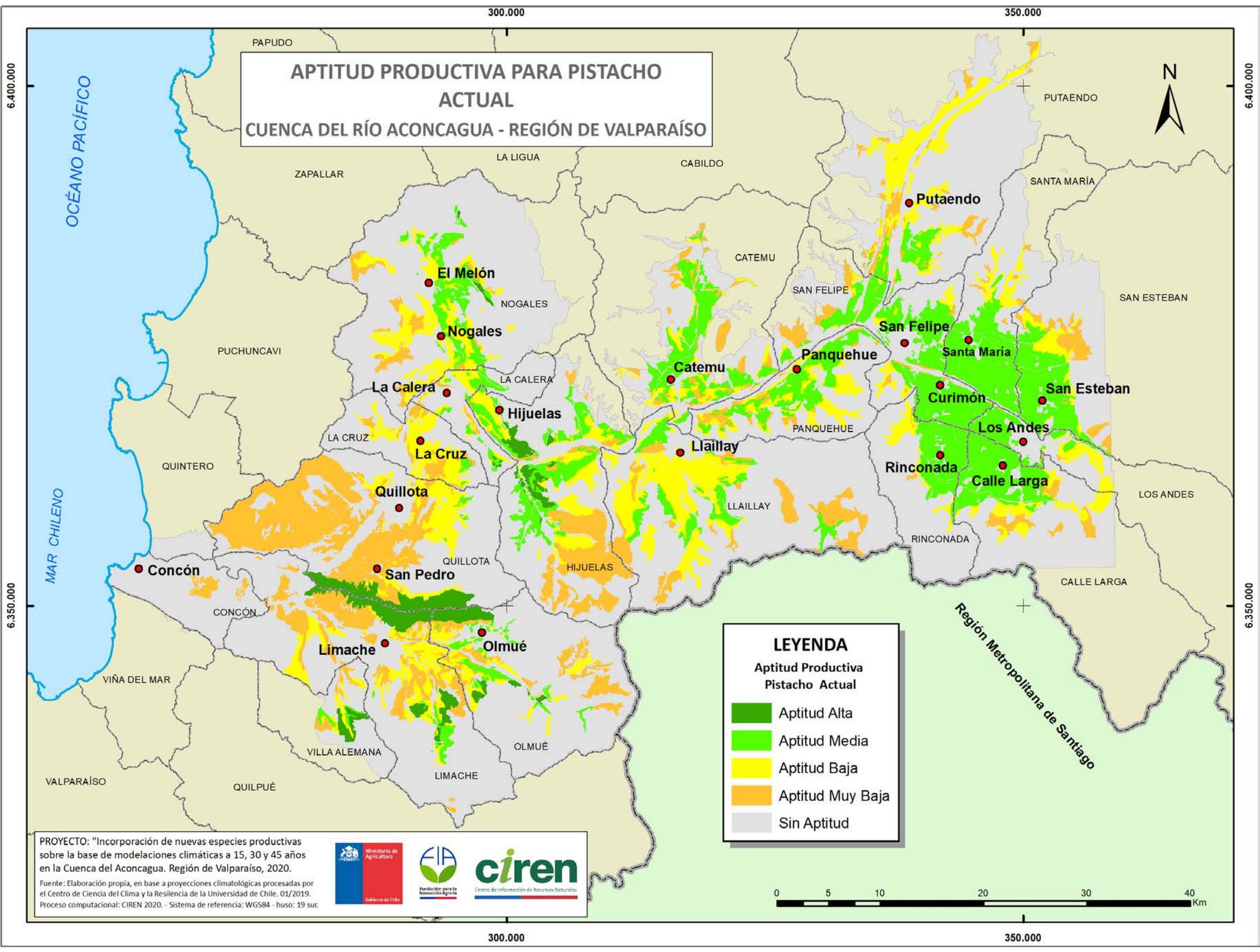


# Mapas de resultados del pistacho



# APTITUD PRODUCTIVA PARA PISTACHO ACTUAL

## CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



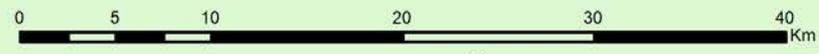
**LEYENDA**

Aptitud Productiva Pistacho Actual

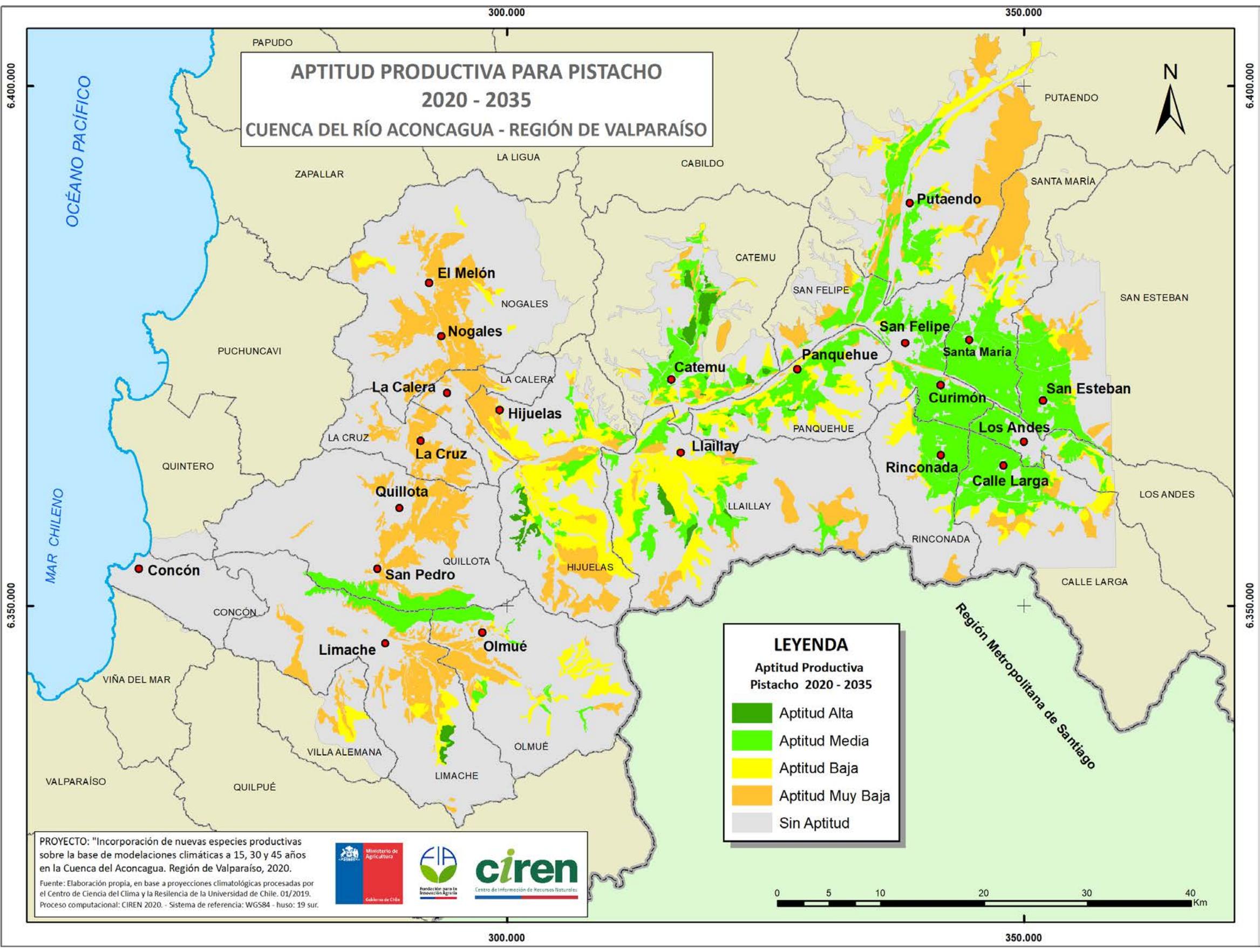
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA PISTACHO  
2020 - 2035**  
**CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**

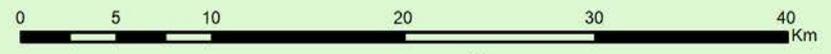


**LEYENDA**  
Aptitud Productiva Pistacho 2020 - 2035

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

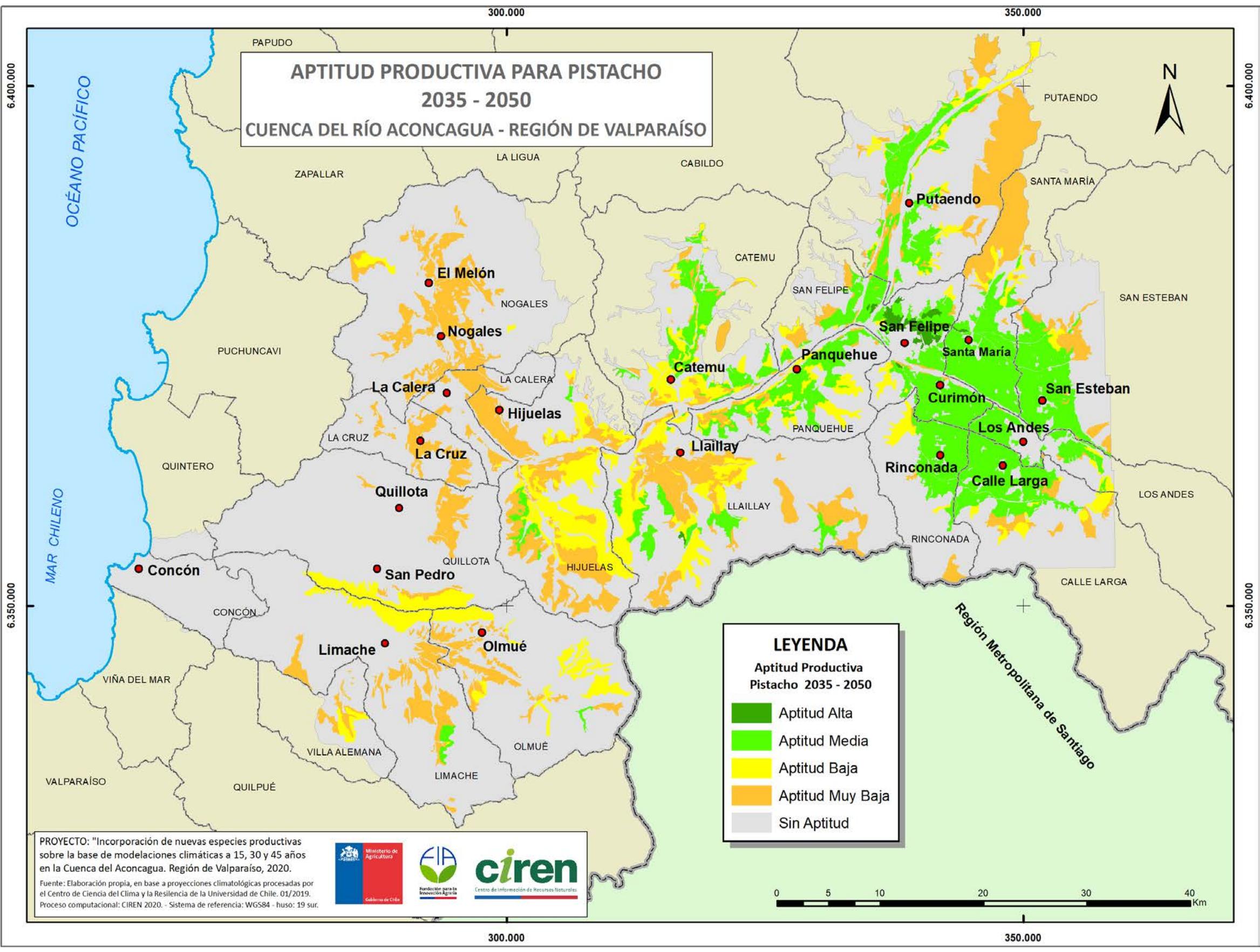
PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



# APTITUD PRODUCTIVA PARA PISTACHO 2035 - 2050

## CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



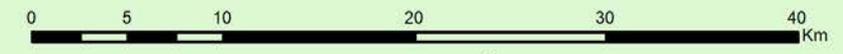
**LEYENDA**

Aptitud Productiva Pistacho 2035 - 2050

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

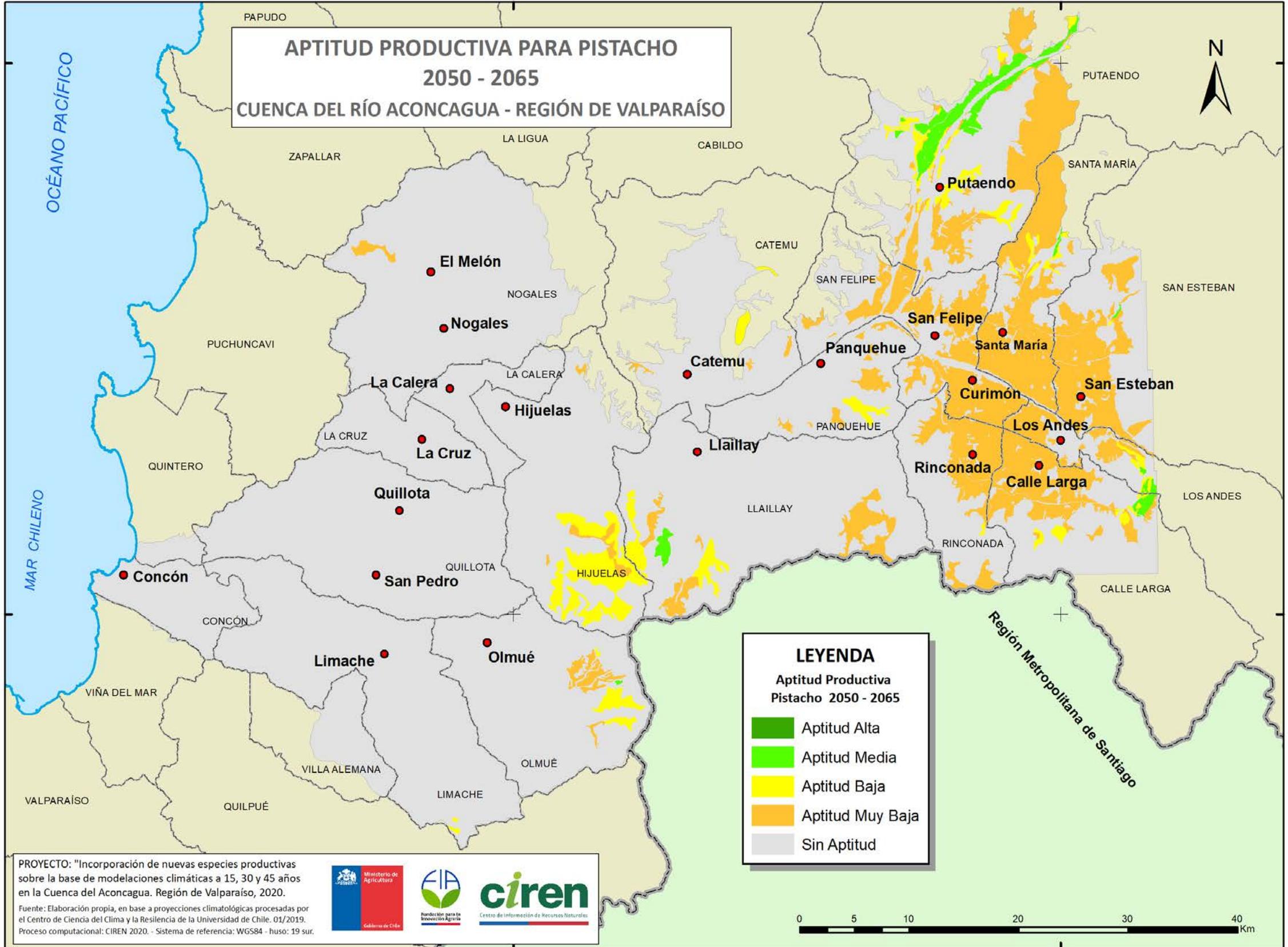
PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



# APTITUD PRODUCTIVA PARA PISTACHO 2050 - 2065

## CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



**LEYENDA**

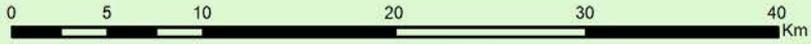
Aptitud Productiva Pistacho 2050 - 2065

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019.

Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



# Frambueso

Arbusto perenne de la familia de las Rosáceas



# Antecedentes generales

El frambueso (*Rubus ideaus* L.) es un arbusto perenne de la familia de las Rosáceas (CIREN, 1988). Existen evidencias de que sus frutos eran consumidos en la era paleolítica, sin embargo la primera descripción que existe de la planta la realizó Plinio El Viejo en el siglo I. Los registros de su domesticación datan del siglo IV por un agricultor romano (García, García, & Ciordia, 2014).

En Chile se tienen los primeros registros de este cultivo en el siglo XIX en la zona sur, donde eran cultivados por colonos alemanes (Morales, y otros, 2009). Bañados, y otros (2015) señalan que los colonos alemanes lo cultivaban en la región de Los Lagos a orillas del lago Llanquihue.

El frambueso, fue introducido en Chile como cultivo comercial en los años 70 para exportar en fresco, sin embargo las variedades utilizadas tenían problemas en la post cosecha, por lo que en los viajes largos, llegaban con daños. A raíz de esta situación, durante los años 80 y 90, se empezaron a estudiar variedades que pudieran cumplir con una mejor post cosecha y que por ende tuvieran un mejor potencial de exportación (Undarraga & Avilés, 2013).

El cultivo comercial tuvo un despegue en Chile cuando se introducen las variedades Heritage y Willamette desde Estados Unidos. Posteriormente, la variedad Meeker, reemplazaría a Willamette (Bañados, 2002).



Figura 25. Foto general frambueso.  
Fuente: Ciren.

# Variedades

Las variedades Heritage y Meeker son las más utilizadas para huertos comerciales, por su productividad, adaptabilidad y excelente post cosecha (Morales, y otros, 2017).

Las diferentes variedades de frambueso se clasifican de manera general según su origen, color y época de producción (Morales, y otros, 2009), tal como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 21. Clasificación de variedades de frambueso según origen, color y época de producción.

Según su origen	Variedades puras	Especies que no han sido sometidas a hibridación, por lo que conservan sus características silvestres. Estas crecen en regiones templadas de Europa y Asia.
	Variedades híbridas	Obtenidas a partir del cruce de dos variedades puras o silvestres, con el objetivo de obtener características definidas (rendimiento, calidad, estructura).
Según el color del fruto	Rojas	En Chile son las que presentan mayor superficie cultivada. Heritage, Chilliwack, Meeker, entre otras variedades.
	Amarillas	Son una mutación principalmente de variedades rojas (Goldie, Kiwi gold, Meeker amarilla, Fallgold).
	Púrpuras	Cruce de variedades rojas con púrpuras, se les denomina <i>Rubus neglectus</i> . En Chile se cultiva la variedad Brandywine.
Según la época de producción	Remontantes	Son variedades que florecen en cañas y en hijuelos durante la misma temporada. Presentan 2 cosechas durante la temporada. Entre las principales variedades están: Anne, Autumn Bliss, Autumn Britten, Caroline, Isabel, Josephine, Joan Squire, Nova, Polka, Polana.
	No remontantes	Son variedades que presentan primordios florales en las cañas. Presentan solo una cosecha en la temporada. Dentro de las principales variedades están: Alice, Brice, Cardinal, Carmelina, Cascade Bounty, Cascade Dawn, Cascade Delight, Chemainus, Chinook, Coho, Cowichan, Debora, Dulcita, Esquimalt, Francesca, Glen Ample, Glen Doll, Glen Lyon, Glen Magna, Glen rosa, Glen Shee, Gustar, Jaclyn, Josephine, Madonna, Malling Hestia, Malling Juno, Malling minerva, Marcela, Motueka, Opal, Primeberry, Saanich.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Morales y otros (2017)

Para las variedades remontantes y no remontantes es fundamental conocer sus ciclos fenológicos para poder realizar todos los manejos agronómicos asociados. En los siguientes cuadros se muestra el ciclo fenológico para ambas variedades.

Cuadro 22. Ciclo fenológico de variedades remontantes.

Etapa del ciclo fenológico	Periodos del año
Floración de caña	octubre – noviembre
Cosecha de caña	diciembre
Floración de retoños	enero
Cosecha de retoños	febrero – marzo – abril
Letargo	mayo – junio – julio - agosto

Fuente: Elaboración propia, a partir de Bañados (2002)

Cuadro 23. Ciclo fenológico de variedades no remontantes.

Etapa del ciclo fenológico	Periodos del año
Brotación	septiembre
Crecimiento de retoños	octubre
Floración de cañas	noviembre
Fructificación	diciembre
Cosecha de cañas	diciembre – enero
Crecimiento de retoños	febrero – marzo – abril
Letargo	mayo – junio – julio – agosto

Fuente: Elaboración propia, a partir de Bañados (2002)

# Morfología de la especie

El frambueso es un arbusto frutal de cañas, donde la parte aérea, que está sobre el nivel del suelo, presenta generalmente un ciclo bienal, esto quiere decir que dura dos temporadas.

Los tallos se dividen en tres tipos según su edad: tallos de la temporada o brotes, los tallos o cañas de una temporada, y tallos o cañas de dos temporadas, estos últimos deben ser eliminados ya que son improductivos al fin de su ciclo (Bañados, y otros, 2015).

Las cañas son tallos lignificados de una temporada de crecimiento, a las cuales también se les denomina “floricanes”. Estas presentan yemas durmientes que darán origen a laterales frutales, con la fructificación o fructificaciones de la temporada (Bañados, 2002).

Los brotes son tallos verdes que crecen durante la primera temporada y tienen tres orígenes: brotes que se originan desde yemas adventicias en las raíces, brotes que se originan en la corona de la planta y brotes que se originan en las yemas durmientes de las cañas (Bañados, 2002).

Las hojas son compuestas, alternas y foliadas CIREN (1988). Presentan de 3 a 7 folíolos y se ubican de forma alterna alrededor de los tallos. Son glabras por el haz y presentan vellosidades en el envés, además de estomas, que no se visualizan en el anverso (Bañados, y otros, 2015).

Las raíces son superficiales y fibrosas. Presentan yemas que se desarrollan de forma vertical (CIREN, 1988) y adventicias desde donde salen los retoños (Bañados, 2002).

Las flores son hermafroditas y solitarias. Presentan 5 sépalos, 5 pétalos y numerosos estambres (Bañados, y otros, 2015). Aunque la gran mayoría de las variedades son auto compatibles, la polinización cruzada puede mejorar la producción. Se sugiere poner colmenas para estos efectos (García, García, & Ciordia, 2014).

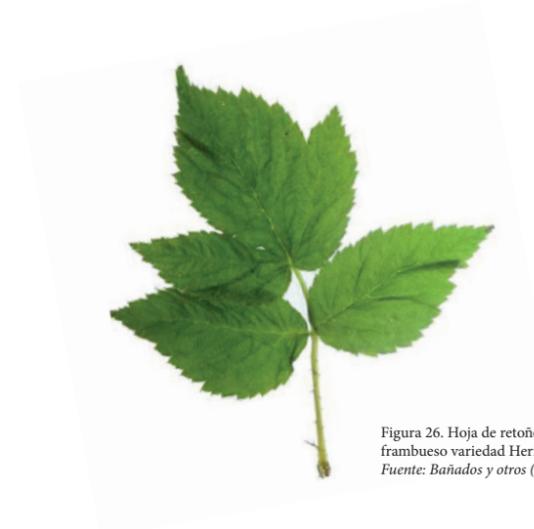


Figura 26. Hoja de retoño de frambueso variedad Heritage. Fuente: Bañados y otros (2015).



Figura 27. Flor de frambueso. Fuente: Pixabay.

El fruto corresponde a una polidrupa, donde cada drupa está en torno a un receptáculo (García, García, & Ciordia, 2014). Cada drupa contiene en su interior 2 semillas (Bañados, 2002).



Figura 28. Fruto del frambueso (Polidrupa).  
Fuente: Ciren.

# Requerimientos climáticos

El frambueso se cultiva en una gran variedad de climas. Están por ejemplo los templados como California, y los fríos como en el norte de Norte América y norte de Europa (Sudzuki, 1984).

Esta especie requiere inviernos con temperaturas bajas (Morales y otros 2017). A pesar de ser muy resistente al frío invernal, una helada en primavera puede afectar yemas florales y, por ende, la producción, pero como la producción es escalonada, no la elimina completamente (Sudzuki, 1984).

Requiere de una estación calurosa corta, ya que el calor excesivo puede afectar la calidad del fruto y disminuir la producción (CIREN, 1988).

Es muy importante señalar que la temperatura incide en la remontancia. Sudzuki (1984) indica que en variedades remontantes los climas muy lluviosos afectan la producción otoñal. Por otro lado, Morales, y otros (2017), señalan que variedades que en otros países presentan un comportamiento de no remontantes, en Chile si se activa.

A continuación, se presentan un cuadro con algunos requerimientos climáticos claves para la producción del frambueso, pero es importante tener en cuenta que debido a la gran cantidad de variedades, es fundamental elegir la correcta, pues cada una tiene exigencias que pueden variar.

Cuadro 24. Requerimientos climáticos para el cultivo del frambueso.

Requerimiento climático	Indicador
Temperatura óptima de crecimiento	14 – 19°C
Temperatura crítica botón cerrado	-1,3°C
Temperatura crítica flor abierta	-0,7°C
Temperatura crítica fruto recién formado	-0,7°C
Humedad relativa	60% – 70% Plantación y ciclo vegetativo, 40% cosecha
Viento	Es un factor limitante si es muy intenso, ya que deshidrata zonas vegetativas no lignificadas, daña el ápice del retoño y laterales frutales.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Morales y otros (2017).

## Suelo

En el siguiente cuadro se presentan algunos parámetros de importancia a la hora de establecer frambueso de manera comercial.

Cuadro 25. Requerimientos de suelo del cultivo del frambueso.

Requerimiento de suelo	Indicador
Textura	No tolera suelos arcillosos
pH	6 – 7,8
Contenido de Materia orgánica	Alto
Drenaje	Bueno, un nivel freático a 50 cm es una limitación severa
Salinidad	Tolera hasta 1,2 dS/m

Fuente: Elaboración propia, a partir de (Sudzuki, La Frambuesa, 1984) (Morales, y otros, 2017) (García, García, & Ciordia, 2014).



Figura 29. Foto frambuesa. Fuente: Ciren.

## Hídricos

Sudzuki (1984) señala que debido al sistema radicular superficial del cultivo del frambueso, no hay que descuidar los riegos, independiente de que este sea un cultivo tolerante a la sequía, ya que un déficit muy largo, puede provocar mermas productivas.

Las etapas críticas donde el riego es determinante en la producción, es durante la floración y la fructificación (Sudzuki, 1984).

Según CIREN (1988), se ha estimado que las necesidades hídricas del frambueso en la zona central de Chile son de 10.000 a 12.000 metros cúbicos al año. La frecuencia de riego va a depender del suelo y el clima, pero Sudzuki (1984), indica que requiere de buenos riegos cada 7 a 10 días y, antes de cada cosecha se debe reducir el volumen, pero aumentar la frecuencia cada 3 a 4 días, y después de la cosecha dar un riego con abundante agua.

Con respecto a los sistemas de riego, el por goteo se recomienda para suelos sueltos que tengan una baja capacidad de retención de agua, de lo contrario se recomienda el método por surcos, debido a que el cultivo del frambueso es muy susceptible a enfermedades fungosas en las raíces (Sudzuki, 1984).

# Fertilización

Para una correcta fertilización y determinación de deficiencias y toxicidades provocadas por falta o exceso de nutrientes minerales, es importante realizar un análisis de suelo previo a la plantación y un análisis foliar cuando ya lleva tiempo establecido (CORFO - UACH, 1982).

Un estudio realizado por CORFO y UACH (1982), señala que una buena fertilización en frambueso consistiría en aplicar a cada línea de plantación las siguientes dosis a fines del invierno:

Cuadro 26. Fertilizantes del frambueso.

Fertilizante	Dosis
Nitrógeno	30 - 90 kg/ha
P2O5	20 - 40 kg/ha
K2O	60 - 120 kg/ha

Fuente: Elaboración propia, a partir de CORFO & UACH (1982)

Por otro lado, CIREN (2015) para el proyecto de “Zonificación de aptitud productiva de frutales y berries en la región de La Araucanía”, cita otra dosis de fertilizantes según diferentes rendimientos en toneladas por hectárea como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. Dosis anual de fertilizantes para plantas en plena producción.

Rendimiento (Ton/ha)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
10	55 - 60	20 - 22	60 - 68
12	66 - 72	25 - 28	73 - 80
15	82 - 90	30 - 35	90 - 100

Fuente: CIREN (2015).

En el caso que el productor no realice un análisis de suelo previo a la plantación, ni el análisis foliar posterior, Morales, y otros (2009) sugieren un cálculo de dosis de nutrientes el cual se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 27. Dosis de fertilizantes recomendados según el nivel de rendimiento esperado.

Dosis de N (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 8 a 10
Dosis de P2O5 (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 3 a 6
Dosis de K2O (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 6 a 12
Dosis de MgO (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 1 a 3
Dosis de S (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 1 a 3
Dosis de cal (Ton/ha) = 1 a 2 cada 4 años
Dosis de Boro (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 0,1 a 0,2
Dosis de Zinc (kg/ha) = Rendimiento esperado (Ton/ha) x 0,1 a 0,2

Fuente: (Morales, y otros, 2009)

El momento de la aplicación y la parcialización de nutrientes se sugieren de la siguiente manera:



Figura 30. Épocas óptimas de aplicación parcializada de nutrientes en frambueso. Fuente: (Undarraga & Avilés, 2013).

# Manejo Agronómico

Con respecto al establecimiento del frambueso, lo recomendado es hacerlo en octubre, con plantas sanas, obtenidas de viveros certificados, en un estado de 5 a 6 hojas obtenidas a partir de brotes etiolados o producción in vitro (Morales, y otros, 2017). El frambueso es un cultivo que con un buen manejo puede durar hasta 6 años, y al momento de renovarlo, Morales, y otros (2017) sugieren una rotación sembrando avena.

La distancia de plantación sugerida para este cultivo va de 0,3 a 0,5 m sobre hilera, y 3 m entre hilera. El número de plantas puede ser de 6.667 a 11.111, lo que equivale a 2 y 3 plantas por metro lineal (Morales, y otros, 2017).

Las podas en frambueso son en dos épocas: las que se realizan durante el receso invernal, y la poda de primavera-verano (Bañados, y otros, 2015).

En el siguiente cuadro, se pueden observar las podas a realizar en variedades según si estas son remontantes o no remontantes.

Cuadro 28. Labores de poda en variedades remontantes y no remontantes en frambueso.

Variedades remontantes	
Poda de verano	Esta se debe realizar en enero. Se deben eliminar cañas y hojas basales de retoños que fructificarán en marzo (importante recordar que los retoños nacen desde yemas adventicias ubicadas en la raíz). Si en primavera no se realizó un raleo de retoños, este procedimiento se debe ejecutar eliminando los mal formados, los débiles, los que se encuentran mal ubicados, y los que presentan un desarrollo tardío. Se deben amarrar las cañas nuevas (aplicado al sistema de conducción a utilizar).
Poda de invierno	Esta se debe realizar de preferencia en julio, mes en el que se deben rebajar ramas dejándolas de 1,4 a 1,5 metros de altura (esto se realiza principalmente porque la décima y quinceavas yemas son muy poco fructíferas). Se deben dejar cañas separadas 8 – 10 cm entre sí. Cuando las cañas se agrupan por matas, se recomienda dejar 5 a 7 en las plantas de un año o 9 – 12 cm en plantas adultas.
Variedades no remontantes	
Poda de verano	Se deben realizar las mismas labores de poda descritas para variedades remontantes.
Poda de invierno	En esta poda, se eliminan básicamente hojas que pueden quedar en los retoños bien desarrollados y a nivel de suelo. También se sacan los retoños mal ubicados y débiles.

Fuente: (Sudzuki, 1984)

En relación con los sistemas de conducción, las plantas fructifican de mejor manera si se encuentran ventiladas y asoleadas, por lo tanto, el sistema de conducción dependerá tanto de la variedad como de las condiciones propias de donde se esté estableciendo. Los diferentes sistemas varían principalmente en la distancia e inclinación de postes y crucetas, como también del número y distancia donde se ponen los alambres de sostén (CORFO - UACH, 1982).

Los principales sistemas de conducción utilizados para el cultivo del frambueso son:

- **Cruceta:** se utiliza en variedades de hábito de crecimiento erecto y con producción de fruta principalmente en el ápice, de remontancia bajo un 50%.
- **Espaldera:** este sistema se utiliza en variedades que presentan un hábito de crecimiento rastrero.
- **Lira o tipo V:** se recomienda en plantaciones de baja densidad, ya que aumentan los costos de implementación. Los beneficios que tiene este sistema, son que aumenta la ventilación y la entrada de la luz.



(a) Cruceta (b) Postes en V (c) Espaldera

Figura 31. “ (a) Sistema de conducción en cruceta, (b) sistema de conducción con postes en V, (c) sistema de conducción en espaldera”.

Fuente: <http://www.efa-dip.org/> y Boletín INIA N° 07.

# Principales plagas y enfermedades

Bañados, y otros (2015) señalan que las plagas más relevantes, desde el punto de vista económico, corresponden a coleópteros, cuyas larvas se alimentan de las raíces de las plantas hasta causarles la muerte. Dentro de las plagas más importantes están: burrito de la vid, capachito, gusano blanco del frejol, cabrito del duraznero, cabrito listado, gusano de la frutilla, gorgojo de la frutilla, escamas, conchuelas, pololos, trips.

En la Figura 32 se distinguen diversas especies del coleóptero llamado cabrito: (a) cabrito del duraznero, (b) macho y hembra del cabrito del frambueso, (c) cabrito del ciruelo.



Figura 32. Diversas especies del coleóptero Cabrito.  
Fuente: (Bañados, y otros, 2015) foto de Francisco Urra.

Por otro lado, y dependiendo de la parte de la planta que afecten, las principales enfermedades del frambueso son las que se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro 29. Principales enfermedades del frambueso según la parte de la planta que se ve afectada.

Enfermedades	Daño causado
Enfermedades radiculares	Pudrición del cuello y raíces
	Marchitez, verticilosis
	Agallas del cuello
	Nematosis
Enfermedades de la caña	Antracnosis
	Tizón de la caña
	Tizón de la caña por Botrytis
	Tizón de la yema
	Cancro áspero
Enfermedades del follaje	Oidio
	Roya
	Virosis
Enfermedades del fruto	Pudrición gris
	Pudrición blanda
	Pudriciones varias

Fuente: (Morales, y otros, 2009).

# Cosecha

La frambuesa es una fruta no climatérica de cosecha escalonada, es decir desde mediados o fines de noviembre hasta diciembre, o principios de enero en variedades no remontantes. En las variedades remontantes, la segunda cosecha es en marzo y puede alargarse hasta abril-mayo dependiendo del clima (Sudzuki, 1984).

La cosecha puede ser mecánica o manual, siendo la manual la que implica un mayor costo en la producción (CORFO - UACH, 1982).

Los índices de cosecha más utilizados son el color y la facilidad con que se desprende del receptáculo (Sudzuki, 1984).

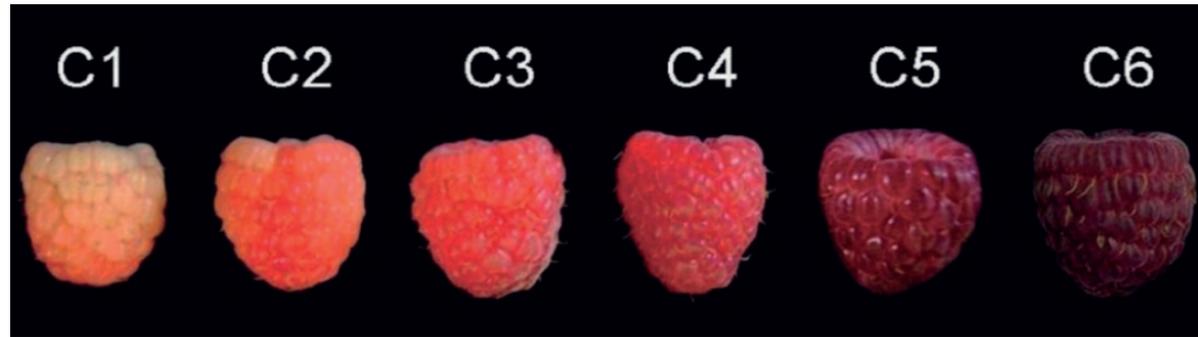


Figura 33. Evolución del color (maduración) en la frambuesa.  
Fuente: J.P. Zoffoli 2010

Algunas recomendaciones que señalan Undurraga y Avilés (2013), son que el productor debe tener en cuenta durante la cosecha lo siguiente:

- Tener cuidado en la manipulación de los frutos, para producir el menor daño posible.
- Cosechar cada fruto de manera individual.
- Cosechar por sectores y variedad para tener una caja homogénea.
- Cosechar en la mañana evitando las altas temperaturas de la tarde.
- Cosechar en días secos, jamás con rocío o humedad.
- Evitar que las frutas cosechadas se expongan al sol.

# Aspectos económicos

## Situación mundial de la frambuesa (Rubus Idaeus)

La producción de frambuesa a nivel mundial durante el periodo 2009-2018 creció a una tasa promedio anual de 5,7% (38 mil toneladas por año) con una producción promedio anual de 663.000 toneladas con una cantidad máxima 870.000 toneladas y una cantidad mínima producida de 522.000 toneladas (Gráfico 13)

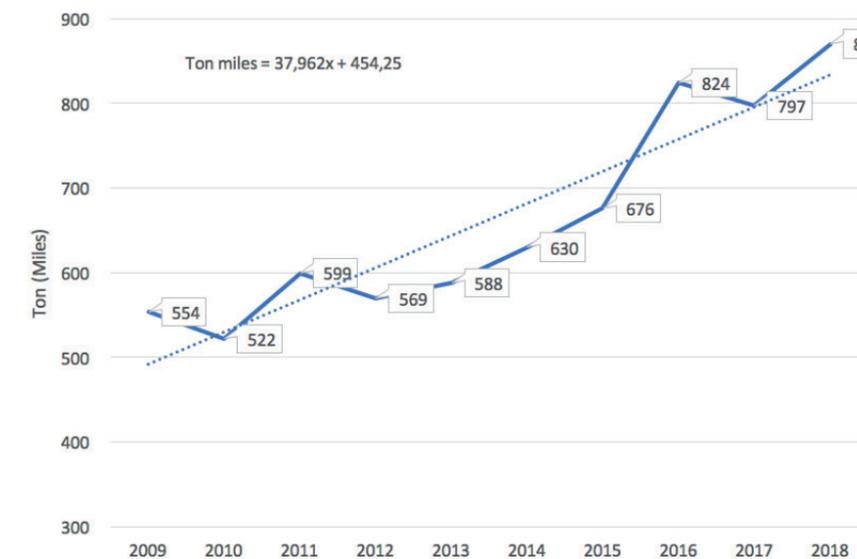


Gráfico 13. Producción Mundial de frambuesas, periodo 2009-2018.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT (2020).

Al analizar la estructura de la producción internacional, se puede mencionar que los principales países productores de frambuesa durante el año 2018 fueron: Rusia con una participación de 19,1% de la producción mundial; México con 15,0%; Serbia con un 14,6% de las exportaciones mundiales; Polonia con una participación de 13,3%; Estados Unidos con un 11,4%; España 5,0%; Ucrania con un 4,0%; Bosnia y Herzegovina con 3,2%; Chile y Portugal con un 2,3 y 2,1%, respectivamente (TRADEMAP, 2020).

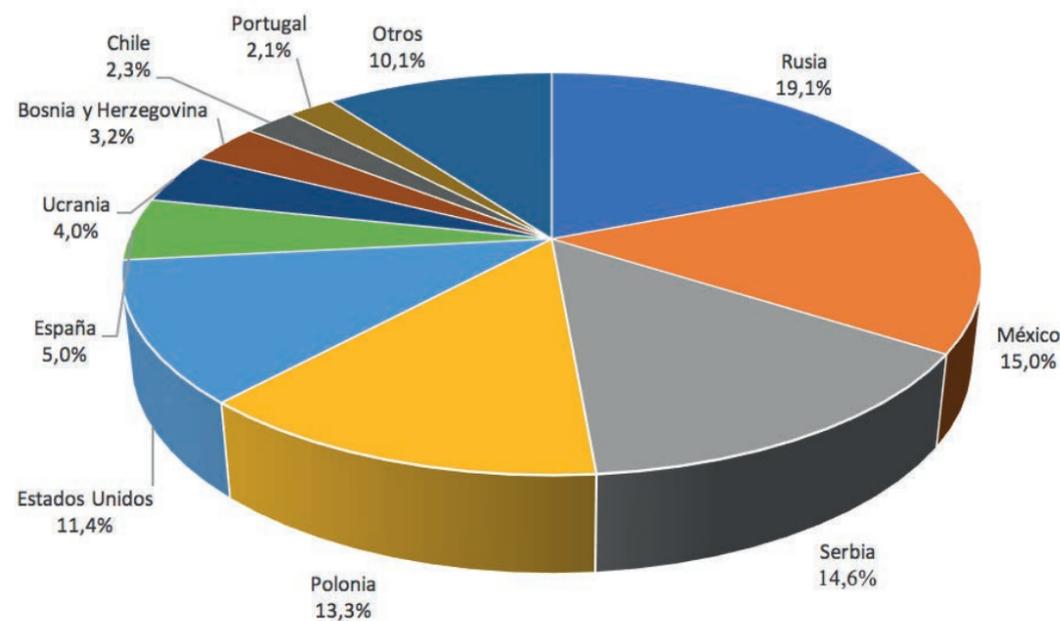


Gráfico 14. Distribución porcentual de la producción mundial de frambuesa por país, año 2018.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT (2020).

# Exportaciones mundiales de la frambuesa

El volumen de las exportaciones mundiales de frambuesas durante los últimos diez años, se han expandido a tasas relativamente altas, con un anual en torno a las 23 mil toneladas (16% promedio anual), con un promedio de 222 mil toneladas exportadas, un máximo de 352 mil toneladas en el año 2019 y un mínimo de 136 mil toneladas exportada en el año 2010.

Respecto al valor de las exportaciones, en el gráfico siguiente se puede observar una curva de crecimiento sostenido entre los años 2010 y 2019 para el valor total de las exportaciones, con una tasa de promedio, del orden de US\$174 millones de dólares (tasa de crecimiento de 26% por año) con un valor promedio exportado de US\$ 1.281 millones, un valor máximo exportado de US\$2.151 millones en el año 2019 y un valor mínimo de exportación de US\$598 millones (FAOSTAT y TRADEMAP, 2020).

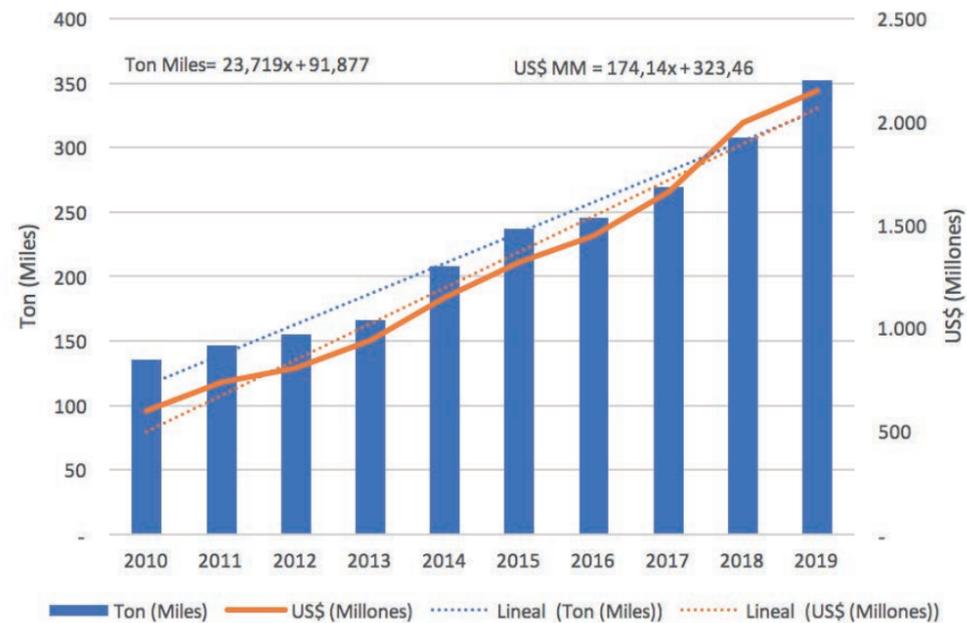


Gráfico 15. Exportaciones mundiales en valor y volumen de frambuesas, periodo 2012-2019.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020).

Al analizar la estructura de las exportaciones mundiales por país que se observa en el Gráfico 16, los principales países exportadores durante el año 2019 fueron: México con un 27,8% de las exportaciones mundiales; España con un 21,4%; Estados Unidos con una participación de 13,5%; Marruecos con un 10,1%; Portugal y Países Bajos con 8,1 y 6,2%, respectivamente (FAOSTAT y TRADEMAP, 2020).

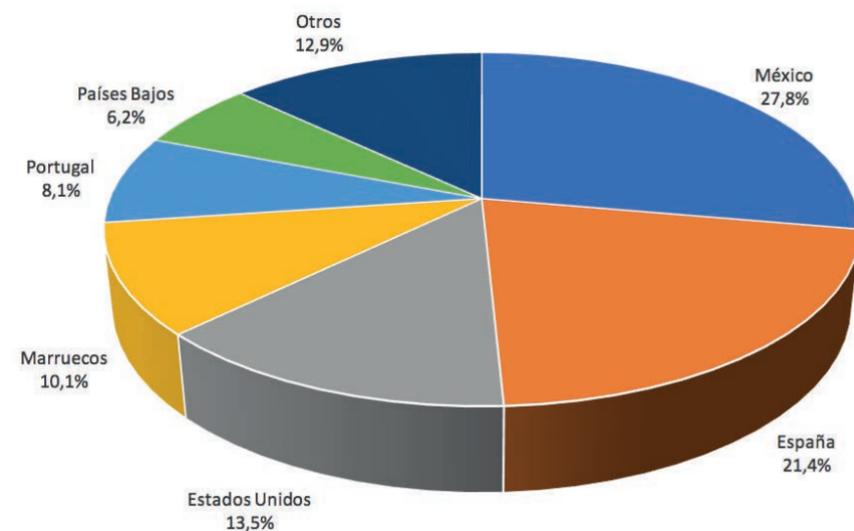


Gráfico 16. Distribución porcentual de las exportaciones de frambuesas por país, año 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020).

# Importaciones mundiales de la frambuesa

En los últimos diez años, las importaciones mundiales de frambuesas se han expandido de forma significativa con volúmenes medios en torno a las 33 mil toneladas anuales con un valor promedio de 289 mil toneladas, un valor máximo de 442 mil toneladas en el año 2019 y un mínimo de 165 mil toneladas para el año 2010.

Respecto al valor de las importaciones, en el siguiente gráfico se puede observar un crecimiento sostenido en el valor de las importaciones, con una tasa de crecimiento promedio durante el periodo 2010-2019, del orden de US\$263 millones, con un valor promedio de US\$1.851 millones un valor máximo importado de US\$3.223 millones en el año 2019 y un valor mínimo de US\$849 millones en el año 2010 (FAOSTAT y TRADEMAP, 2020).



Gráfico 17. Importaciones mundiales en valor y volumen de frambuesas, periodo 2010-2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020).

Al analizar la estructura de las importaciones mundiales se puede observar que los principales países importadores durante el año 2019 fueron: Estados Unidos con un 38,6% de las importaciones totales; Alemania con 10,3%; Canadá 9,7%; Reino Unido 8,6%; España y Francia con 7,2% y 6,6%, respectivamente (TRADEMAP, 2020).

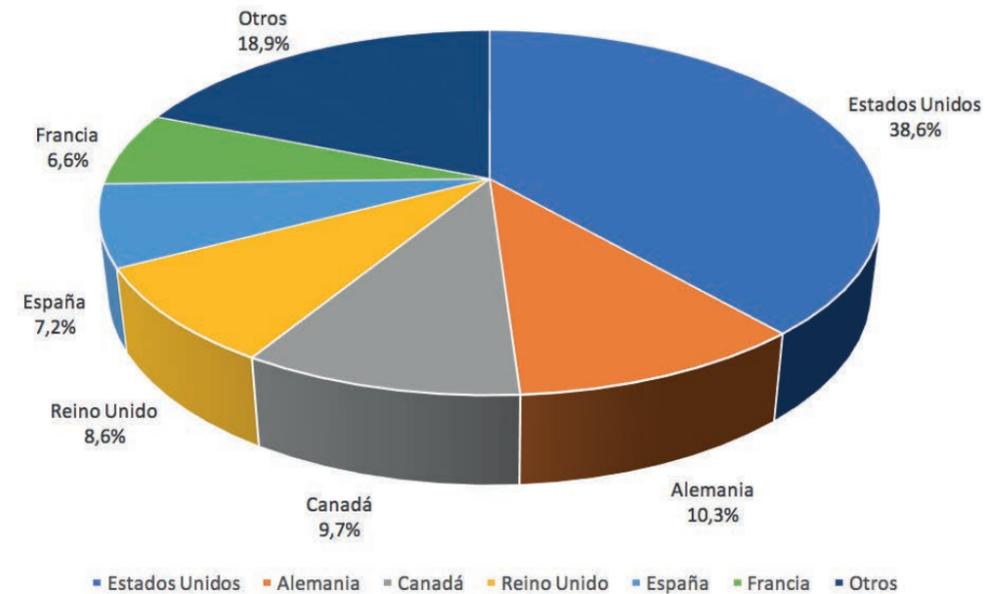


Gráfico 18. Distribución porcentual de las importaciones mundiales de frambuesas por país, año 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAOSTAT y TRADEMAP (2020).

# Superficie cultivada con frambuesas en Chile

Respecto a la superficie de huertos frutales cultivados con frambuesos y a partir de las cifras publicadas en el catastro frutícola realizado entre los años 2018 y 2019, existe una superficie de 2.681 hectáreas a nivel nacional. De ellas 52,9% están ubicadas en la región de Ñuble, 28,7% en el Maule, 8,7% en La Araucanía, 4,0% en Los Ríos y 5,6% en el resto del país (Gráfico 19).

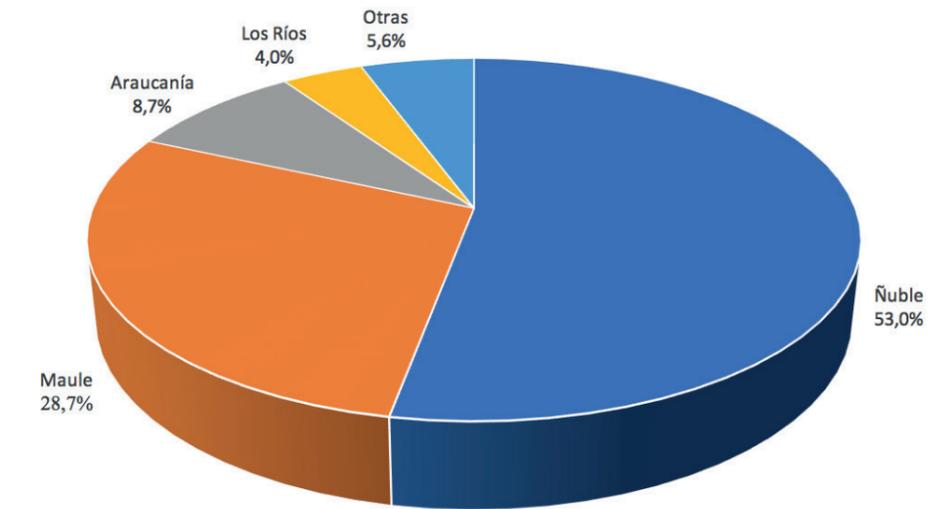


Gráfico 19. Distribución relativa de la superficie cultivada con frambueso por región, catastro frutícola 2017-2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA (2020).

# Comercio internacional chileno

En los últimos años, la balanza comercial de frambuesas ha experimentado una fuerte tendencia a la baja con una tasa de crecimiento promedio negativa de US\$375.000 anual. Para el año 2019 la tasa de crecimiento fue prácticamente nula, lo que implicó que el total de la producción nacional de frambuesa se destina a satisfacer los requerimientos de la demanda interna (Gráfico 20).

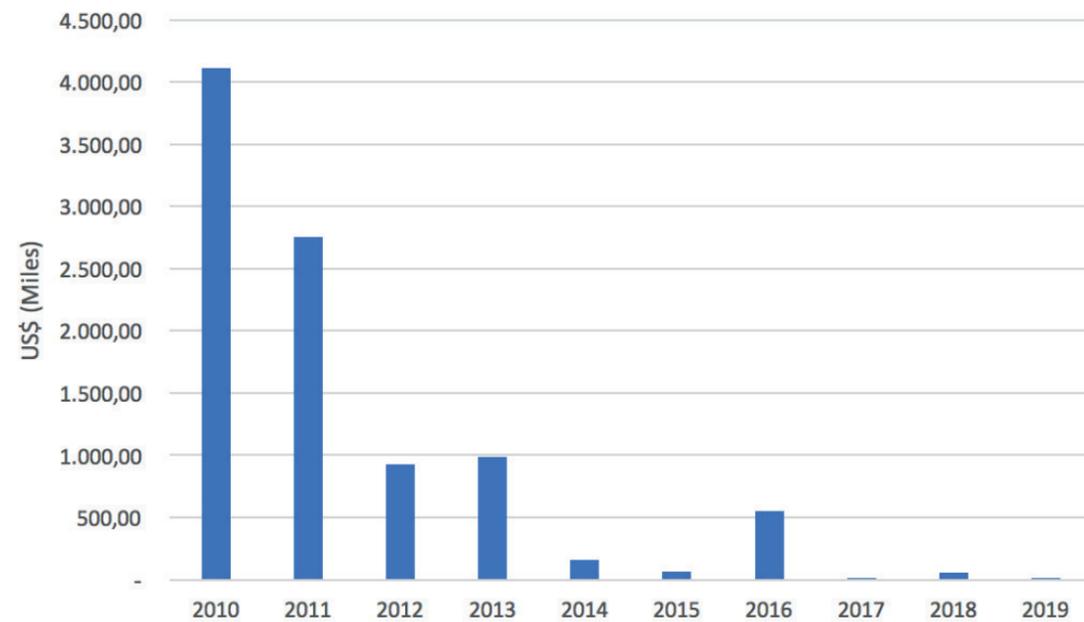


Gráfico 20. Balanza Comercial de frambuesa en Valor, periodo 2010-2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de comercio exterior de ODEPA (2020).



Figura 34. Selección de Frambuesas.  
Fuente: Ciren.

# Análisis económico-financiero en la producción de frambuesas en la región de Valparaíso

En el siguiente capítulo se desarrolla y analiza el nivel de inversión, costos directos de producción y resultado económico-financiero para establecer un huerto que produzca frambuesas en la región de Valparaíso. Para lo anterior, se asumen los siguientes supuestos: nivel tecnológico medio, densidad de plantación de 13.300 plantas por ha, riego por cinta y uso de la unidad varietal santa catalina para producción, un rendimiento de 20.000 kg/ha y un nivel de inversión inicial por hectárea de aproximadamente de \$6.800.000.

Desde el punto comercial más del 100% de la producción nacional se destina al mercado interno. El flujo de ingresos y costos se estima en un periodo de 6 años, considerando una tasa de descuento del 10%.

En la Tabla 13 se puede observar la distribución de producción por hectárea para un periodo de 6 años, donde se visualiza que en el tercer año se alcanza la máxima producción de 20.000 kg por hectárea.

Tabla 13. Distribución temporal de la producción de un huerto de frambuesa unidad varietal Santa Catalina en la región del Valparaíso (kg/ha).

Año	Producción (KG/HA)
1	1.000
2	6.500
3	20.000
4	20.000
5	20.000
6	20.000

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los costos directos de producción, en la Cuadro 30, se observa la clasificación por ítem y los costos totales de producción, considerando la demanda de factores productivos en el año de plena producción de la especie cultivada (tercer año). Dado lo anterior, la participación relativa en los costos directos de producción es: recurso humano, el cual participa en un 83% de los costos directos de producción; maquinarias y equipos con un 2%; fertilizantes con una representación de un 5%; productos fitosanitarios con una participación de 6%, y otros factores de producción con una participación de un 4% en la estructura de costos directos de producción.

Cuadro 30. Costos directos de producción de frambuesa, región de Valparaíso (\$/ha)

Ítem	Cantidad (JH, JM, L, kg/ha)	Costo directo de producción (\$/ha)	Participación
Mano de Obra	285 JH	4.845.000	83%
Maquinarias y equipos	4 JM	132.000	2%
Fertilizantes	730 kg	305.931	5%
Productos fitosanitarios	25 L	360.900	6%
Otros		200.000	4%
<b>TOTAL</b>		<b>5.843.831</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Bajo el supuesto que el productor o inversionista recurra a una fuente de financiamiento externa para el desarrollo y puesta en marcha de la actividad productiva, es necesario considerar el ítem costo financiero. Para lo anterior y a través de un proceso de amortización crediticia se obtiene el costo financiero efectivo, el cual está en torno a \$586.000 (Tabla 14).

Tabla 14. Amortización para la determinación del costo financiero para el establecimiento y puesta en marcha de la producción de un huerto de frambueso en la región de Valparaíso (\$/ha).

TABLA DE AMORTIZACIÓN				
Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0	0-	0	0	6.800.000
1	1.275.026	979.200	295.826	6.504.174
2	1.275.026	936.601	338.425	6.165.749
3	1.275.026	887.868	387.158	5.778.591
4	1.275.026	832.117	442.909	5.335.682
5	1.275.026	768.338	506.688	4.828.994
6	1.275.026	695.375	579.651	4.249.343
7	1.275.026	611.905	663.121	3.586.223
8	1.275.026	516.416	758.610	2.827.613
9	1.275.026	407.176	867.850	1.959.763
10	1.275.026	282.206	992.820	966.943
11	1.275.026	139.240	1.135.786	-168.843
12	1.275.026	-24.313	1.299.339	0

Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación del cálculo de los ingresos totales se consideró un precio por productor de \$1.000/kg. La distribución estimada de ingresos totales, producto de la comercialización de la frambuesa se observa en la Tabla 15.

En relación con el flujo de caja se puede mencionar que, dada la estructura y distribución de los niveles de ingresos y costos, se hace necesario contar con capital de trabajo en torno a los \$6.800.000 por hectárea para el establecimiento y puesta en marcha del huerto (Anexo 2).

Tabla 15. Distribución de los ingresos totales por la venta y comercialización, a nivel interno de frambuesa en un horizonte de análisis de 6 años.

Año	Ingreso Total (\$/ha)
1	750.000
2	4.875.000
3	20.000.000
4	20.000.000
5	20.000.000
6	20.000.000

Fuente: Elaboración propia.

Dado los antecedentes anteriores, es posible calcular una serie de indicadores económicos y financieros que permiten caracterizar el establecimiento y operación de un huerto de pistachos en la región de Valparaíso.

Según los parámetros técnicos, productivos y económicos anteriormente observados, se puede señalar que:

1. Los beneficios económicos generados en un huerto en plena producción para una hectárea de frambuesos es de \$13.546.711
2. Dado un nivel de precio por productor de \$1.000/kg la cantidad mínima a comercializar y que permite cubrir los costos directos de producción es de 6.400 Kg/ha.
3. Dado el nivel de producción por hectárea, el precio mínimo de comercialización para cubrir los costos directos está en torno a \$322.
4. El valor actual neto de la inversión en un horizonte de 6 años se estima en \$ 31.573.624
5. La Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión resultante es de 80%.
6. El periodo de recuperación de capital es al tercer año.

Cuadro 31. Indicadores económicos para el frambueso.

RESULTADO ECONÓMICO PARA EL FRAMBUESO	
Producción (kg)	20.000
Precio (\$/ha)	1.000
<b>INGRESO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>20.000.000</b>
Costos directos	\$5.843.831
Costo Financiero	\$317.266
Otros (5%)	\$292.192
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$6.453.289</b>
<b>RESULTADO ECONÓMICO (\$/ha)</b>	<b>\$13.546.711</b>

Fuente: Elaboración propia.

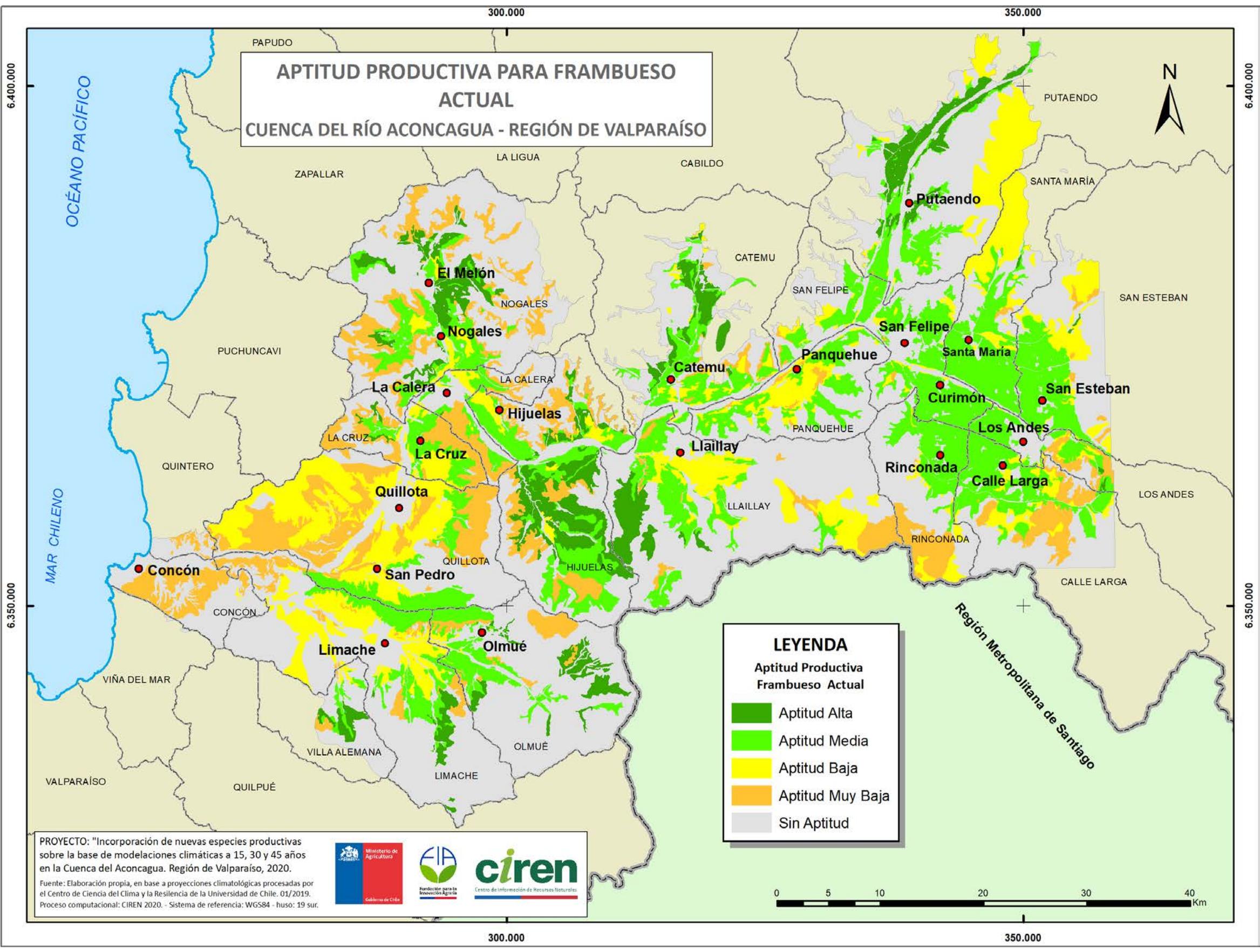


# Mapas de resultados del frambueso



# APTITUD PRODUCTIVA PARA FRAMBUESO ACTUAL

## CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



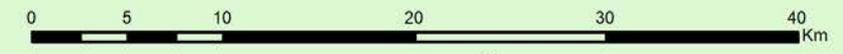
**LEYENDA**

Aptitud Productiva  
Frambueso Actual

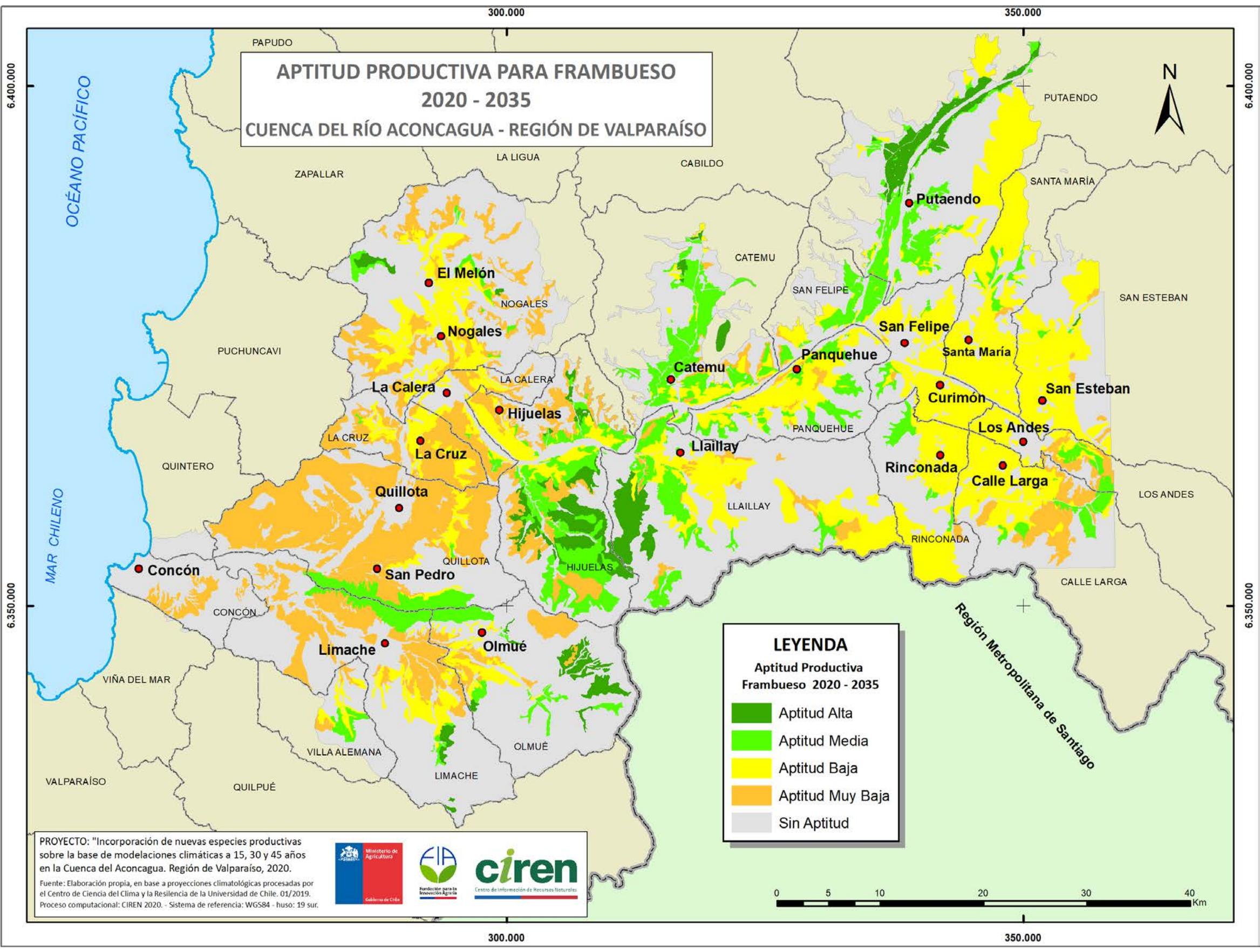
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA FRAMBUESO  
2020 - 2035**  
**CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**



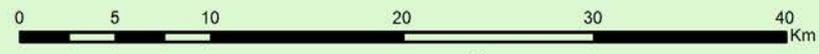
**LEYENDA**

Aptitud Productiva  
Frambueso 2020 - 2035

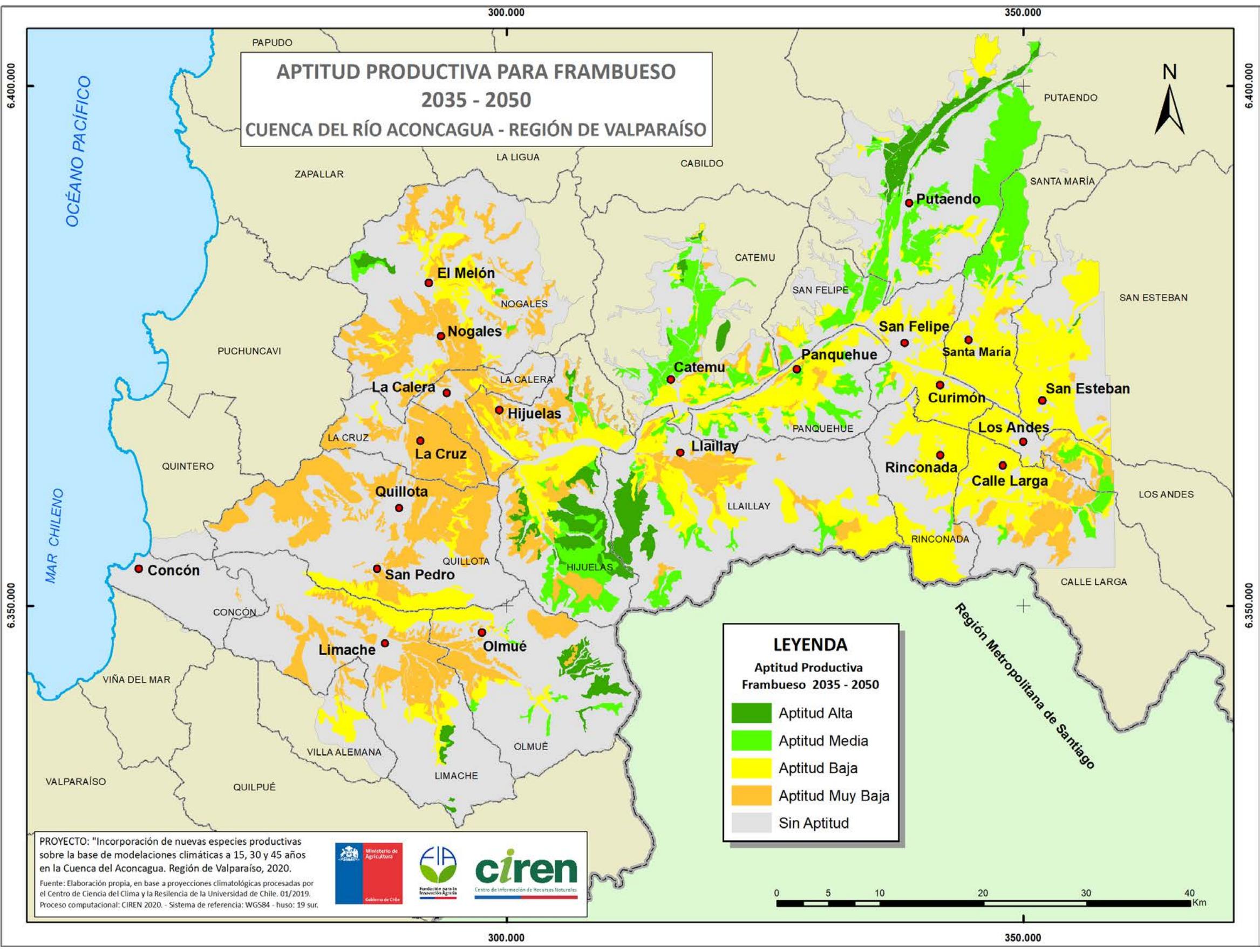
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA FRAMBUESO  
2035 - 2050**  
**CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**



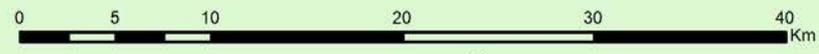
**LEYENDA**

Aptitud Productiva  
Frambueso 2035 - 2050

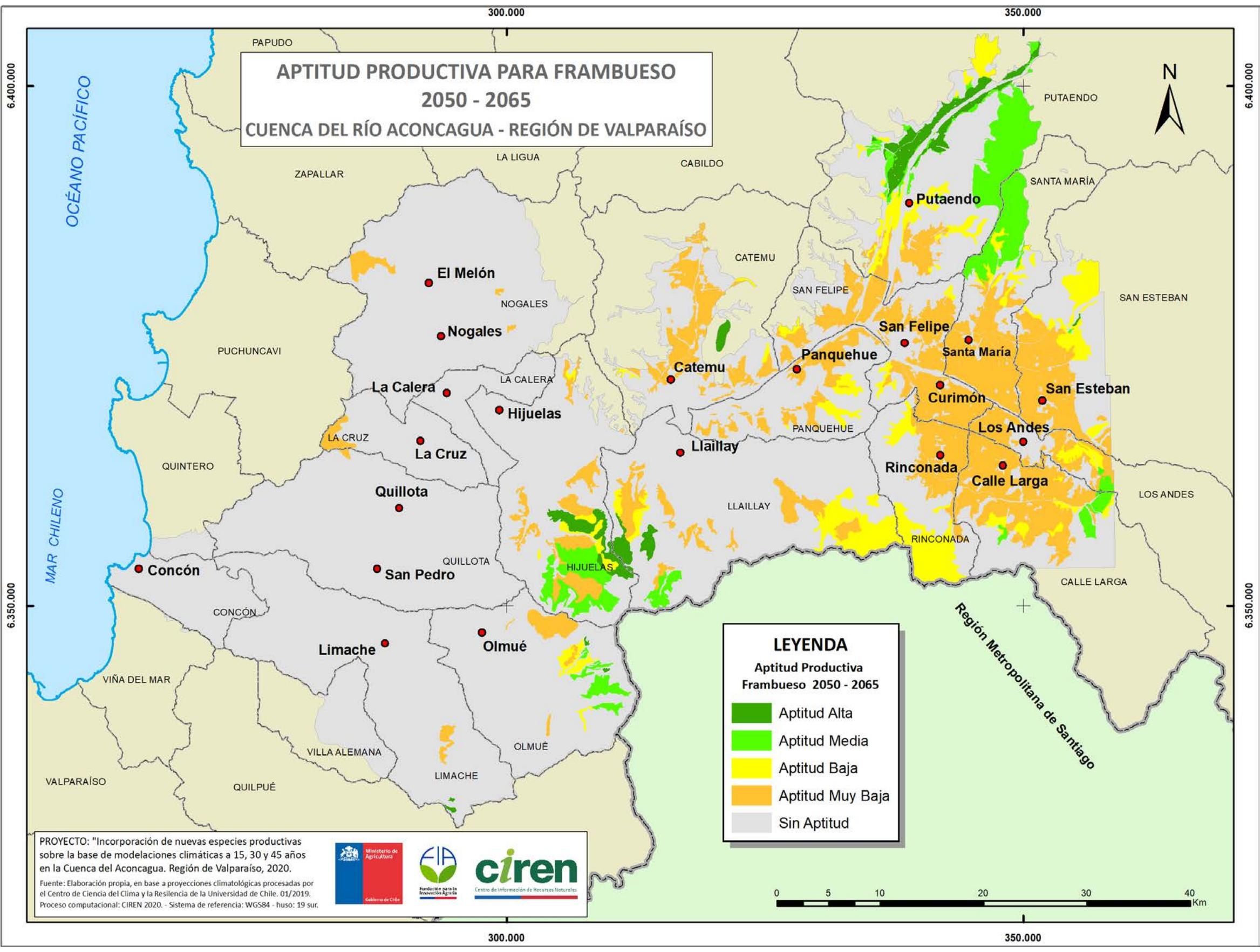
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA FRAMBUESO  
2050 - 2065  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**

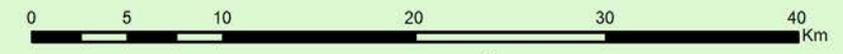


**LEYENDA**  
Aptitud Productiva  
Frambueso 2050 - 2065

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



# Lúcumo

pertenece a la familia  
Sapotaceae



# Antecedentes generales

El lúcumo (*Pouteria lúcuma*) se describe como un frutal de los valles interandinos de Perú, Chile y Ecuador, consumido hace unos 2 mil años entre los habitantes de la cultura Nazca (Del Castillo, 2006).

En Chile el lúcumo ha sido descrito por el autor francés Amédée - François Frezier en su libro “Relación del viaje en el mar del sur por las costas de Chile y Perú”, indicando la presencia del lúcumo en la región de Coquimbo en el año 1712-1714, describiendo su fruto, lo que permite deducir que el lúcumo fue cultivado incluso antes del año 1700, debido a que este cultivo entra en plena producción a los 20 años de ser plantado (Ebel, 1935).

El lúcumo pertenece a la familia Sapotaceae (CORFO, 1982), y de este grupo se desprende una especie que es endémica de Chile; la “*Pouteria splendens*” (lúcumo chileno, palo colorado). Esta variedad se encuentra catalogada en un estado de conservación vulnerable (Sotes, Bustamante, & Henríquez, 2013). Muñoz (1987) señala que el género lúcuma fue creado por Juan Ignacio Molina, quien describió en el año 1782 las especies *Lúcuma bífera*, *L. turbinata*, *L. valparadise*, *L. keule* y *L. spirosa*, identificando a las dos primeras como especies cultivadas. Por otro lado, CORFO (1982) señala que en los años 80 la especie de lúcuma más cultivada en Chile era la *Lúcuma bífera*.

El nombre científico que se utiliza actualmente para denominar al lúcumo es “*Pouteria lúcuma*” (R. et Pav.) O. Kze” (Muñoz, 1987).



Figura 35. Árbol Lúcumo.  
Fuente: commons.wikimedia.org

# Morfología de la especie

El lúcumo es un frutal perenne que alcanza entre los 15 a 20 m de altura y tiene una gran longevidad. Esta especie puede pasar los 100 años (CORFO, 1982).

Las hojas son pecioladas alternas, pero su forma puede variar debido a que existen muchos biotipos, presentando estructuras lanceoladas, elípticas, ovales, oblongas con ápice obtuso, agudo o escotado (Alegre & Ticse, 2017). Presentan una nervadura central con 9 a 14 ramificaciones de venas que sobresalen en el envés (Bordor, 2017).

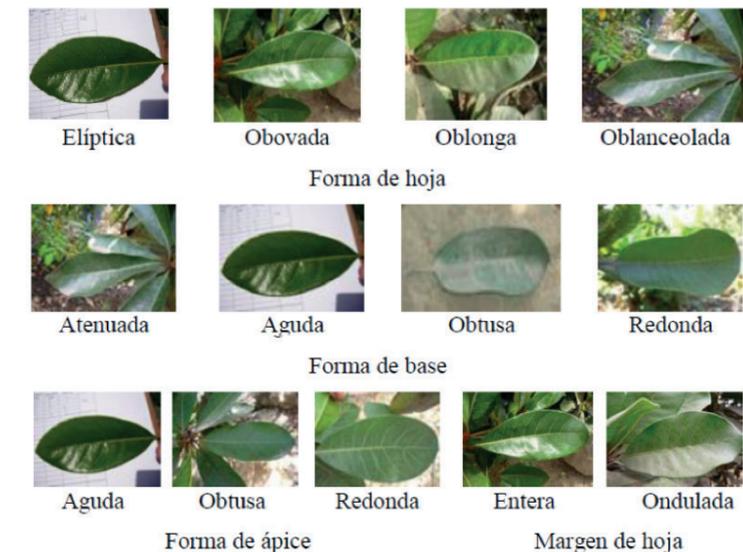


Figura 36. Variabilidad fenotípica en características de hoja de lúcuma.  
Fuente: (Bordor, 2017)

“Las flores son hermafroditas, dispuestas de 1 a 3 en las axilas de las hojas, con peciolos de 8-16 mm de largo, pubescentes, con 5 sépalos libres, los 2 externos algo más cortos, ferrugíneos, anchamente ovados, levemente apiculados, interiormente glabros o levemente pubescentes, exteriormente pubescentes, de 8-12 mm de largo por 7-0 mm de ancho” (Muñoz, 1987). La corola tiene 15 mm de largo, tiene 5 estambres con anteras ovadas y ovario supero con 4-5 lóculos (Muñoz, 1987).



Figura 37. Flor del lúcumo.  
Fuente: (Foto de Patricio Novoa)

El fruto es una baya esférica, pomiforme que puede llegar a medir de 4-10 cm de diámetro, verde por fuera y con pulpa de color amarillo de textura harinosa. Posee en su interior 1-5 semillas de color café brillante, esféricas de 2-3 cm de diámetro (Muñoz, 1987).



Figura 38. Fruto del lúcumo.  
Fuente: (Portalfruticola.com)

# Requerimientos climáticos

Con respecto a los requerimientos climáticos, Del Castillo (2006) indica que el lúcumo se desarrolla bien, tanto en climas tropicales como en subtropicales. Hay que recalcar que el cultivo tolera lluvias temporales pero no climas con precipitaciones constantes. Por otro lado, Wilhelmy (2001) señala que esta especie es muy sensible a las heladas. El mismo autor, indica que durante la floración (septiembre a abril-mayo), se debe contar con temperaturas medias máximas no tan altas y con una humedad relativa alta, ya que los sexos de la planta maduran a destiempo, por lo que las condiciones óptimas se traducirán en una cuaja exitosa. En el siguiente cuadro, se presentan algunos requerimientos climáticos para el desarrollo del lúcumo:

Cuadro 32. Requerimientos climáticos para el cultivo del lúcumo.

Requerimiento climático	Indicadores
Duración del ciclo vegetativo	365 días
Sensibilidad a heladas	Alta
Temperatura daño de frutos	-1°C
Temperatura daño de la madera	-3 a 4°C
Temperatura mínima de crecimiento	11°C
Temperatura óptima de crecimiento	22 a 27°C
Temperatura máxima de crecimiento	42°C
Suma térmica entre yema hinchada a cosecha	1300 – 1600 día grados
Horas frío	Sin información
Fotoperíodo	Día neutro (10 a 14 horas de luz)

Fuente: CIREN (1989), Wilhelmy (2001).

# Suelo

Para conocer las características del suelo, es fundamental realizar varias calicatas en terreno de no menos de 1,5 metros de profundidad, para detectar estratas impermeables y ver la profundidad efectiva, las cuales no pueden ser detectadas por la simple observación (Razeto, 1993).

La especie se desarrolla de manera óptima en una gran variedad de suelos (CORFO, 1982). Es una especie que resiste la asfixia radicular más que especies como el chirimoyo, níspero, paltos y papayos, pero es menos resistente que los cítricos (Wilhelmy, 2001).

En el siguiente cuadro se presentan algunos requerimientos clave que debe presentar un suelo para el óptimo desarrollo de la especie:

Cuadro 33. Requerimientos edáficos del lúcumo.

Profundidad	Subsuelo suelto	Subsuelo compacto	
Rango óptimo	Más de 65 cm	Más de 80 cm.	
Valor crítico	25 cm	50 cm.	
Acidez	Mínimo	Rango óptimo	Máximo
		4,4	5,8 - 8,8      10
Salinidad	Tolerado	Crítico	
	6,7 mmhos/cm	13 mmhos/cm.	
Textura	Tolera casi todas, pero prefiere francas a franco arcillosas		
Drenaje	Bueno, tolera drenajes imperfectos con un nivel freático a 110 cm.		
Pedregosidad	0% – 35%		
Pendiente	Presenta limitaciones desde un 6% de pendiente, pero tolera hasta 30%.		

Fuente: CIREN (1989).

# Hídricos

En cuanto al requerimiento hídrico, Wilhelmy (2001) indica que el lúcumo es muy resistente al déficit hídrico, dando como ejemplo la temporada de sequía 1996/1997, donde huertos en plena producción o ya adultos, fueron regados con 1/20 del riego habitual y no sufrieron ningún daño, solo se atrasó la cosecha y se afectó el calibre de los frutos.

Dada la situación hídrica actual de la región de Valparaíso, se recomienda implementar el método bajo riego por goteo, para hacer un uso óptimo del recurso hídrico disponible. A continuación se presentan algunos Kc o coeficientes de cultivo utilizados en riego por goteo en lúcumo:

Cuadro 34. Coeficiente de cultivo (Kc) sugeridos para lúcumo.

Época	Kc	Época	Kc
Octubre	0,55	Abril	0,55
Noviembre	0,6	Mayo	0,5
Diciembre	0,65	Junio	0,5
Enero	0,65	Julio	0,4
Febrero	0,6	Agosto	0,5
Marzo	0,55	Septiembre	0,55

Fuente: (Wilhelmy, 2001).

# Fertilización

Cuando el lúcumo entra en producción, usa el 75% del nitrógeno del año anterior, y el resto lo capta del que está disponible en el suelo, por lo que se recomienda aplicar un 50% de nitrógeno antes de floración y el otro 50% en verano, para favorecer de esta manera el desarrollo de los frutos (Ministerio de Agricultura y Riego, Sin año).

El nitrógeno es el elemento mineral más importante en los frutales, ya que forma parte de los aminoácidos, proteínas y clorofila, que lo hacen fundamental en el desarrollo de tejidos y sobre todo en la fotosíntesis (Razeto, 1993). Su deficiencia tiene un efecto negativo en la producción, por lo que, para un huerto comercial, es fundamental ya que se requiere de manera crítica, en etapas tan importantes como son la floración, la cuaja, y el llenado de los frutos (Figura 39).

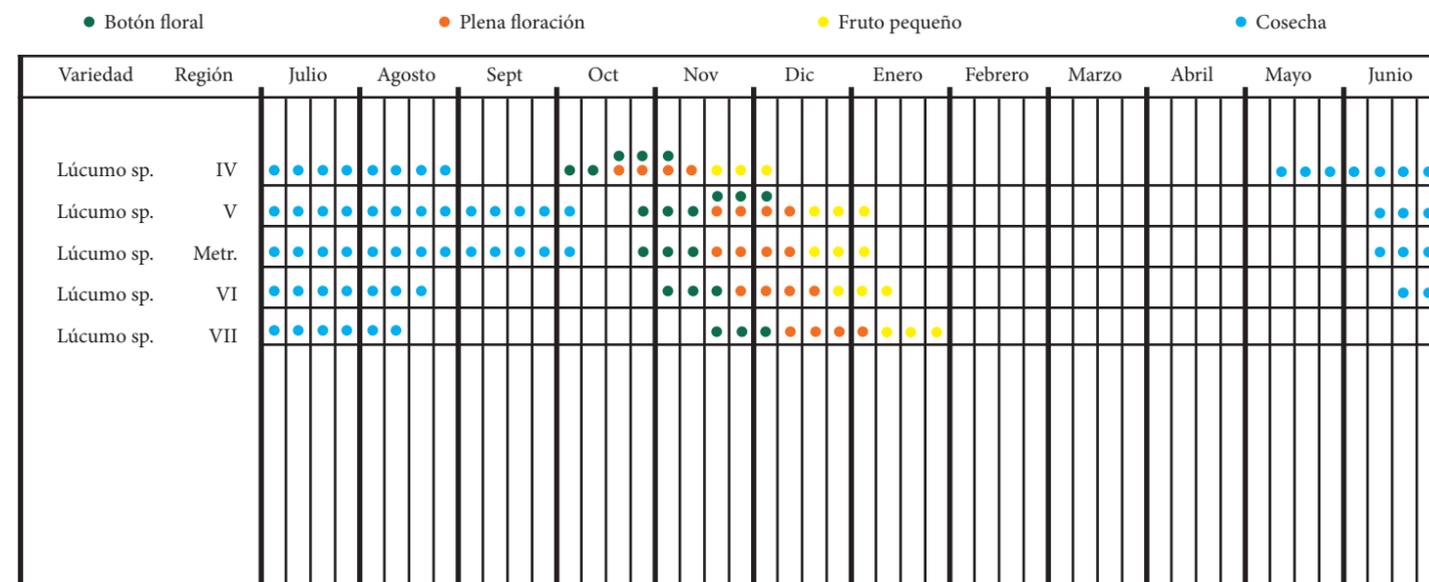


Figura 39. Principales estados fenológicos del lúcumo  
Fuente: (CIREN, 1989)

En la siguiente tabla se muestra una recomendación de fertilización de un árbol adulto en plena producción (18 a 20 toneladas/hectárea).

Cuadro 35. Fertilización nitrogenada en un huerto adulto en plena producción.

Nutriente	Dosis	Momento de aplicación
Nitrógeno	300 kg/ha	Repartido entre primavera y verano

Fuente: (Wilhelmy, 2001).

Además de la fertilización nitrogenada se aplican 2/3 de las unidades de nitrógeno como de potasio (con nitrato de potasio) y 1/3 del fósforo (como ácido fosfórico) (Wilhelmy, 2001).

# Establecimiento y variedades

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Perú (2006) señala que la propagación del lúcumo puede ser por semillas o por injerto. Las semillas en condiciones climáticas favorables comienzan la germinación a los 20 – 30 días (almácigo). El instituto peruano agrega que cuando el tallo del portainjerto tiene un diámetro de un cm, estos ya se pueden injertar, con la técnica simple del tipo inglés a una altura de 15-20 cm del cuello de la planta.

Ejemplares de lúcumo obtenidos a partir de semillas, entran en floración a los 15 años. Sin embargo, en una planta injertada la floración ocurre a los 18 meses, con cuaja de frutos a los dos o tres años y, con entrada a plena producción al cuarto o quinto año (CORFO, 1982).

INIA Perú (2006), señala al igual que CORFO, que en plantas injertadas se presenta floración a los tres años y, que ésta es realizada principalmente por insectos (Entomófila).

Es importante señalar que esta especie es de lento crecimiento, el portainjerto demora dos años en el vivero y la variedad demora un año. A raíz de esto, se realiza el injerto de una estaca de 20 cm en la radícula de una semilla que ha sido previamente germinada. Con este método, que implica el uso de reguladores de crecimiento, se puede obtener una planta de 30 a 40 cm de altura en unos 12 a 16 meses. Se recomienda para la injertación tanto en vivero, como para el reinjertación en terreno, hacerla en agosto o en febrero, esto específicamente para la Zona Central de Chile (Wilhelmy, 2001).

Para el establecimiento del cultivo en terreno se sugieren distancias de plantación de 5 a 6 metros entre hilera y de 3 a 4 metros sobre hilera.

Con respecto a las podas, este cultivo al ser de crecimiento muy lento, no se le realizaba ningún tipo de podas, pero en la actualidad se realiza una poda que consiste en dejar una sola rama por cada verticilio en forma helicoidal, y al llegar a la cuarta o quinta rama, se procede a eliminar el eje (Wilhelmy, 2001).

Algunas variedades que han sido estudiadas en Chile son las que se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 36. Principales variedades de lúcumo estudiadas en Chile.

Variedades de lúcumo
Piwonka 1
Hering
Rosalía
Montero
Vergara
Merced
San Patricio
Leiva
Santa María
Llavero

Fuente: Elaboración propia.



Figura 40. Plantas de lúcumo.  
Fuente: Viveros San José y Estación experimental La Palma de la Universidad Católica de Valparaíso (2017).

En la Figura 40 se observa, a la izquierda variedad Piwonka 1, variedad local de La Cruz, región de Valparaíso. A la derecha, de la misma imagen, lúcumos en estación experimental La Palma, con variedades compuestas principalmente por Rosalía y Montero.

# Principales enfermedades y plagas

En Perú, se señala como plagas importantes del lúcumo a la mosca blanca, y como enfermedad de importancia a la fumagina, la cual produce una reducción de la actividad fotosintética (INIA Perú, 2006).

En las siguientes fotografías se observa, a la izquierda, el daño provocado por mosca blanca en el revés de las hojas del lúcumo, y a la derecha la fumagina en las hojas de lúcumo, la cual reduce la capacidad fotosintética afectando el crecimiento vegetativo de la planta y sus órganos.



Figura 41. Efectos de la mosca blanca y fumagina en hojas de lúcumo.  
Fuente: (INIA Perú, 2006).

En Chile la literatura señala como plagas de importancia observadas en lúcumo a la conchuela blanda (*Coccus hesperidum*) y escama blanca (*Aspidiotus nerii*), pero se señala que la plaga que hay que tener en consideración para la producción de lúcumo en la región de Valparaíso específicamente en las zonas de Quillota y La Cruz, es la conchuela negra del olivo (*Saisetia oleae*). En relación con las enfermedades, el Oidio se señala como la enfermedad para tener en cuenta, pero a nivel de vivero, ya que éste afecta plantas jóvenes (Wilhelmy, 2001).

## Cosecha

Para determinar el momento de la cosecha, los indicadores más utilizados son:

- Color de la cáscara: el cual debe pasar de verde a amarillo o amarillo verdoso.
- Firmeza: la cual se puede medir al tacto.
- Desprendimiento del pedúnculo: este debe ser fácil.

Es importante tener en cuenta que la lúcuma es una fruta climatérica, por lo tanto, se cosecha cuando ha alcanzado la madurez fisiológica. Si ésta se deja madurar completamente en la planta, éste puede desprenderse del pedúnculo, caer y dañarse con la consiguiente pérdida de valor comercial (Del Castillo, 2006).



Figura 42. Frutos en árbol de lúcumo.  
Fuente: Shutterstock.

# Aspectos económicos

## inversión y análisis económico-financiero en la producción de lúcumo en la región de Valparaíso.

En el siguiente capítulo se desarrolla y analiza el nivel de inversión, costos directos de producción y resultado económico-financiero del establecimiento de un huerto para producción de lúcumo en la región de Valparaíso. Para lo anterior, se asumen los siguientes supuestos: nivel tecnológico medio, densidad de plantación de 500 plantas por hectárea, riego por goteo y uso de unidad varietal Piwonka 1, un rendimiento de 18.000 kg/ha y un nivel de inversión inicial por hectárea de aproximadamente de \$6.800.000.

Desde el punto comercial, el 100% de la producción nacional se destina al mercado interno. El flujo de ingresos y costos se estima en un periodo de 12 años, considerando una tasa de descuento del 10%.

En la Tabla 16 se puede observar la distribución de producción por hectárea para un periodo de 12 años, donde se visualiza que en el quinto año se alcanza la máxima producción de 18.000 kg por ha.

Año	Producción (kg/ha)
1	0
2	3.000
3	8.000
4	9.000
5 al 12	18.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Distribución temporal de la producción de un huerto de lúcumo en la región del Valparaíso (kg/ha).



Figura 43. Lúcumo silvestre. Fuente: commons.wikimedia.org

Respecto a los costos directos de producción, en el Cuadro 35 se observa el costo por ítem y sus costos totales de producción; todo lo anterior considerando la demanda de factores productivos en el año de plena producción de la especie cultivada (quinto año).

Dado lo anterior, la participación relativa de cada uno de los ítems en los costos directos de producción es: recurso humano, el cual participa en un 26% de los costos directos de producción, maquinarias y equipos con un 9%; fertilizantes y materia orgánica con una representación de un 60%; productos fitosanitarios con una participación de 2%, y otros factores de producción con una participación de un 3% en la estructura de costos directos de producción.

Cuadro 37. Costos directos de producción de lúcumo, región de Valparaíso (\$/ha).

Ítem	Cantidad/ha	Costo directo (\$/ha)	Participación
Mano de Obra (JH)	35 JH	595.000	26%
Maquinaria y Equipos	6 JM	205.000	9%
Fertilizantes y MO (Kg)	7487 (kg)	1.376.696	60%
Sanidad vegetal (l)	6,4	45.800	2%
Otros		70.000	3%
<b>TOTAL</b>		<b>2.292.496</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Bajo el supuesto de que el productor o inversionista recurra a fuentes de financiamiento externas para el desarrollo y puesta en marcha de la actividad productiva, es necesario considerar el ítem costo financiero. Para lo anterior y a través de un proceso de amortización crediticia se obtiene el costo financiero efectivo, el cual está en torno a \$586.000 (Tabla 17).

Tabla 17. Amortización para la determinación del costo financiero para el establecimiento y puesta en marcha de la producción de un huerto de lúcumo en la región de Valparaíso (\$/ha).

TABLA DE AMORTIZACIÓN				
Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0	0	0	0	6.736.144
1	1.211.016	970.005	241.011	6.495.133
2	1.211.016	935.299	275.717	6.219.416
3	1.211.016	895.596	315.420	5.903.995
4	1.211.016	850.175	360.841	5.543.154
5	1.211.016	798.214	412.802	5.130.353
6	1.211.016	738.771	472.245	4.658.107
7	1.211.016	670.767	540.249	4.117.858
8	1.211.016	592.972	618.045	3.499.814
9	1.211.016	503.973	707.043	2.792.771
10	1.211.016	402.159	808.857	1.983.913
11	1.211.016	285.684	925.333	1.058.581
12	1.211.016	152.436	1.058.581	0

Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación del cálculo de los ingresos totales, se consideró un precio por productor de \$1.000/kg. La distribución estimada de ingresos totales, producto de la comercialización del lúcumo se observa en la Tabla 19.

Tabla 18. Distribución de los ingresos totales por la venta y comercialización, a nivel interno de lúcumo en un horizonte de análisis de 6 años.

Año	Ingreso Total (\$/ha)
1	0
2	3.000.000
3	8.000.000
4	9.000.000
5 al 12	18.000.000

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el flujo de caja, se puede mencionar que, dada la estructura y distribución de los niveles de ingreso y costo, se hace necesario contar con capital de trabajo en torno a los \$6.800.000 por hectárea para el establecimiento y puesta en marcha del huerto (ver Anexo 2).

Dado los antecedentes anteriores, es posible calcular una serie de indicadores económicos y financieros que permiten caracterizar el establecimiento y operación de un huerto de producción de lúcumo en la región de Valparaíso.

Según los parámetros técnicos, productivos y económicos anteriormente observados, se puede señalar que:

1. Los beneficios económicos generados en un huerto en plena producción para una hectárea de lúcumo es de \$14.943.209.
2. Dado un nivel de precio por productor de \$1.000/kg, la cantidad mínima a comercializar y que permite cubrir los costos directos de producción es de 3.057 Kg/ha.
3. Dado el nivel de producción por hectárea, el precio mínimo de comercialización que permite cubrir los costos directos está en torno a \$170.
4. El Valor actual neto de la inversión en un horizonte de 6 años se estima en \$57.553.494
5. La Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión resultante es de 66%.
6. El periodo de recuperación de capital es al tercer año.

Cuadro 38. Indicadores económicos para la producción de lúcumo.

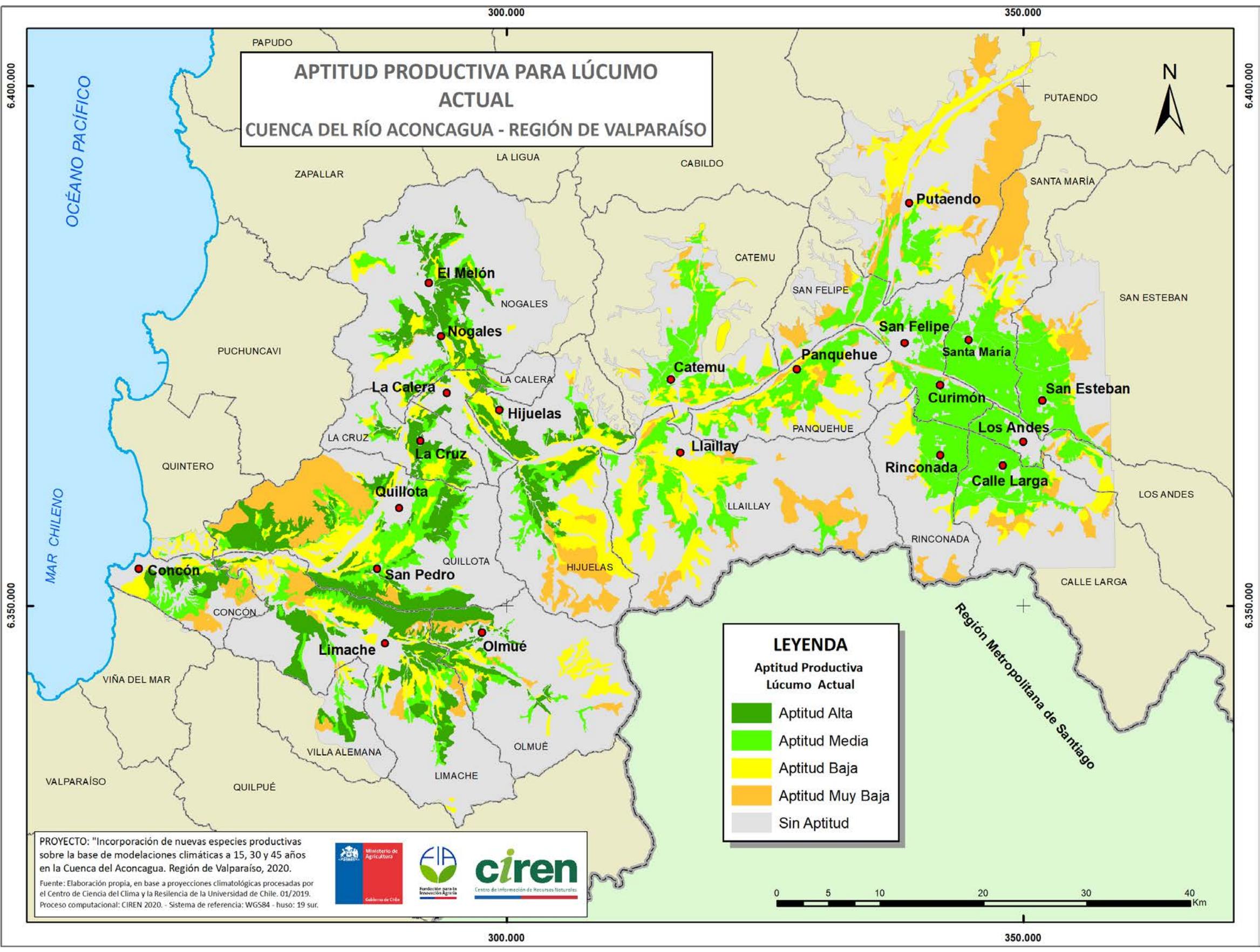
Indicadores económicos para la producción de lúcumo	
Producción (kg/ha)	18.000
Precio (\$/kg)	1.000
<b>INGRESO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>18.000.000</b>
Costos directos (\$/ha)	2.292.496
Costo Financiero (\$/ha)	649.671
Otros (5%) (\$/ha)	114.625
<b>COSTO TOTAL (\$/ha)</b>	<b>3.056.791</b>
<b>RESULTADO ECONÓMICO (\$/ha)</b>	<b>14.943.209</b>

Fuente: Elaboración propia.

# Mapas de resultados del lúcumo



**APTITUD PRODUCTIVA PARA LÚCUMO  
ACTUAL**  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO

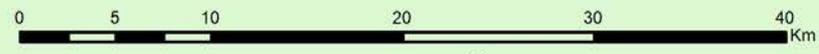


**LEYENDA**  
Aptitud Productiva  
Lúcumo Actual

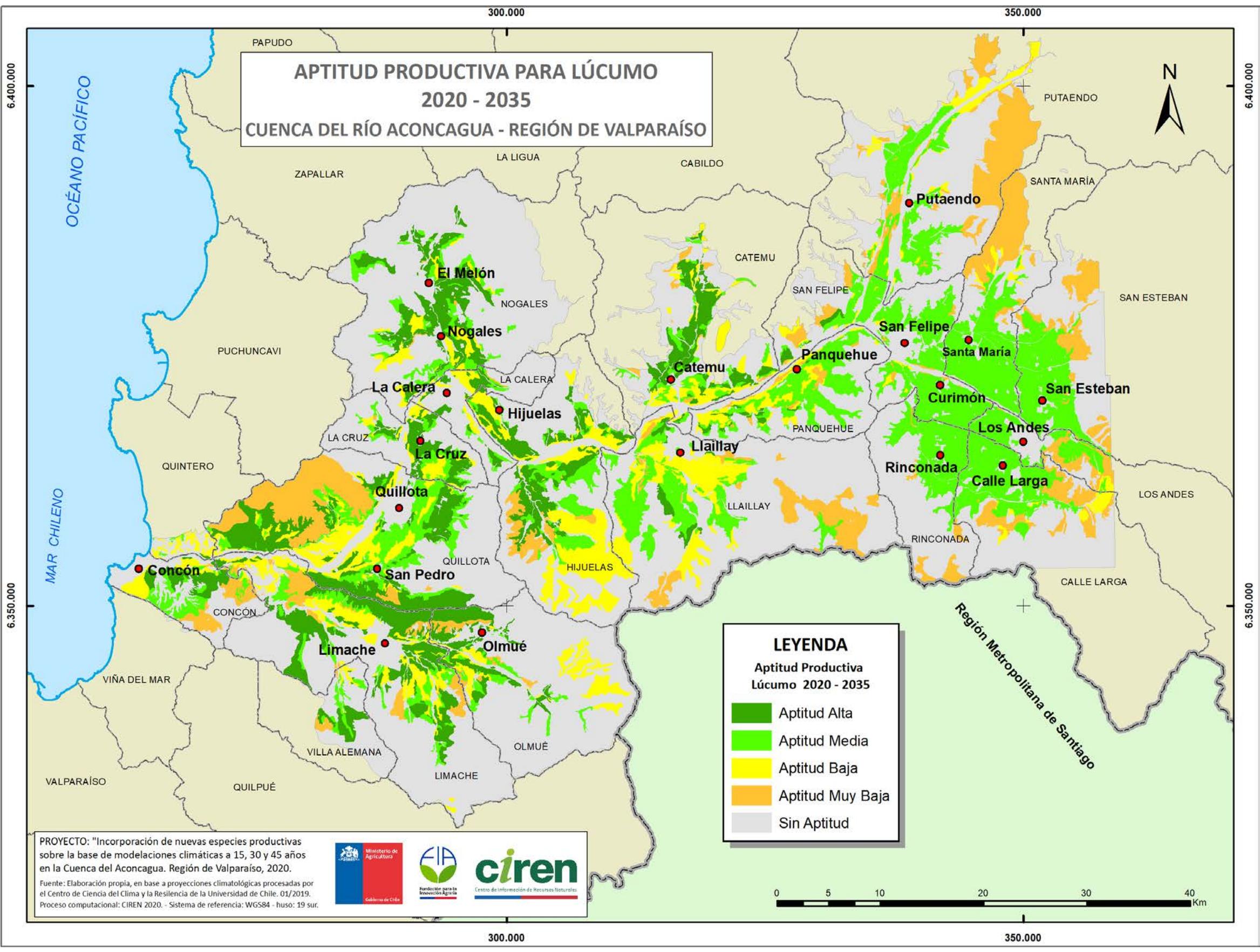
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019.  
Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



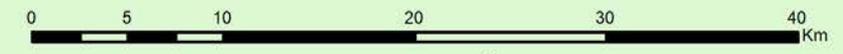
**APTITUD PRODUCTIVA PARA LÚCUMO  
2020 - 2035**  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO



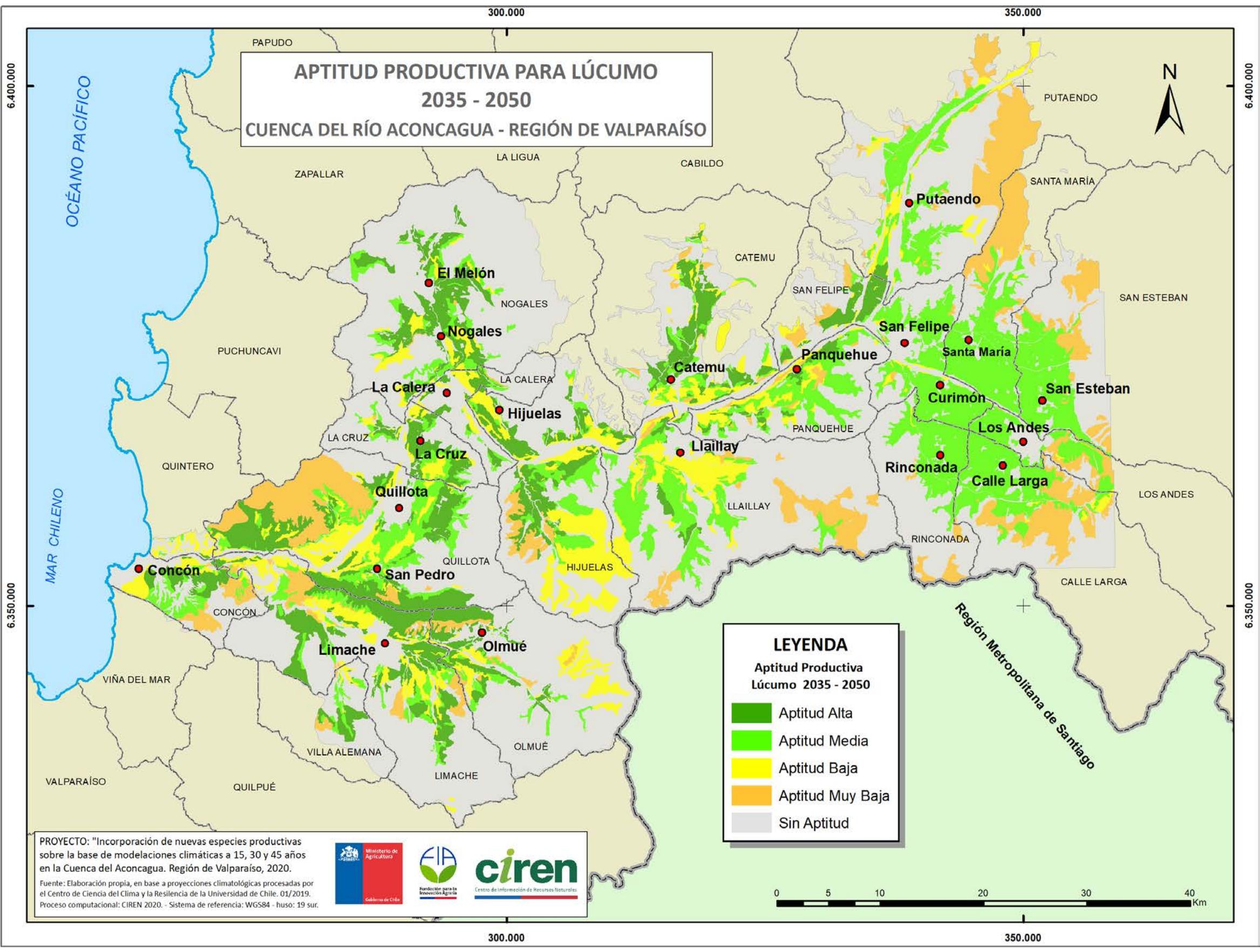
**LEYENDA**  
Aptitud Productiva  
Lúcumo 2020 - 2035

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.  
Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019.  
Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA LÚCUMO  
2035 - 2050**  
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO

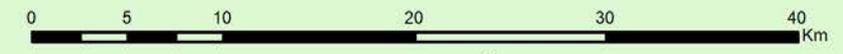


**LEYENDA**  
Aptitud Productiva  
Lúcumo 2035 - 2050

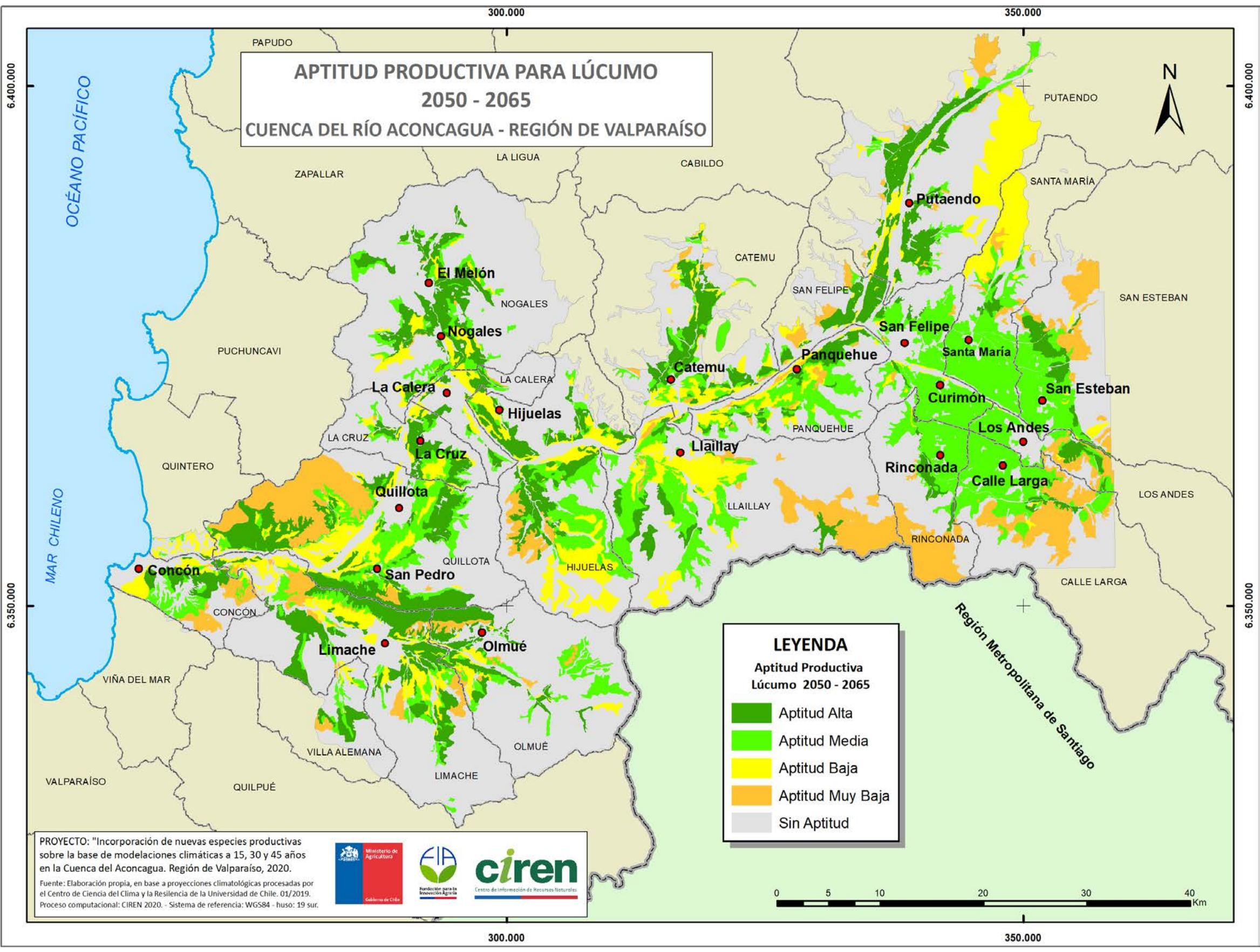
- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



**APTITUD PRODUCTIVA PARA LÚCUMO  
2050 - 2065**  
**CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA - REGIÓN DE VALPARAÍSO**

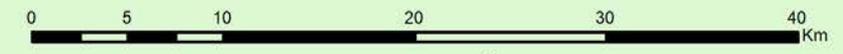


**LEYENDA**  
Aptitud Productiva  
Lúcumo 2050 - 2065

- Aptitud Alta
- Aptitud Media
- Aptitud Baja
- Aptitud Muy Baja
- Sin Aptitud

PROYECTO: "Incorporación de nuevas especies productivas sobre la base de modelaciones climáticas a 15, 30 y 45 años en la Cuenca del Aconcagua. Región de Valparaíso, 2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones climatológicas procesadas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. 01/2019. Proceso computacional: CIREN 2020. - Sistema de referencia: WGS84 - huso: 19 sur.



# Conclusiones / Recomendaciones

*Las condiciones climáticas de la cuenca del río Aconcagua han ido variando en el transcurso los últimos 50 años.*

Al observar en detalle el comportamiento de las cuatro especies sugeridas: jojoba, pistacho, frambueso y lúcumo, se constata que se pueden clasificar en dos grupos. El primero cuenta con una alta aptitud productiva actual, pero con bajas constantes hasta el periodo 2050 – 2065, en este grupo se encuentran el pistacho y frambueso. La segunda clasificación se puede identificar como de aptitudes constantes, de acuerdo con las proyecciones, como es el caso del lúcumo y la jojoba. Para esta última especie incluso se producen aumentos significativos de la aptitud productiva dentro de la cuenca, pasando de 139.173 ha actuales a 147.852 ha al año 2065, representando un aumento del 6% de la superficie.

Al desglosar el análisis por frutales y proyecciones climáticas estimadas, se observa que el frambueso presentará una baja general de su aptitud, pasando de las 161.985 ha actuales a 80.300 ha al año 2065, lo que se traduce en una baja significativa, de un 50%. Este fenómeno se explica por la desaparición total de algún grado de aptitud en las zonas más cercanas a la costa. Pese a ello, hay sectores donde se mantendría una alta aptitud, a pesar de la merma en las hectáreas aptas en la cuenca. Éste es el caso de la comuna de Putaendo, donde las hectáreas con aptitud alta y media incluso aumentarían en un 11,5%, pasando de 6.638 ha a 7.402 ha para entre los años 2020 a 2065.

En el caso de la jojoba, las aptitudes altas y medias aumentarían para el periodo actual desde 76.848 ha en toda la cuenca, hasta 92.761 ha, representando un aumento del 21% de acuerdo con las proyecciones entre los años 2020 y 2065. Estos incrementos en la aptitud se distribuyen de forma homogénea a lo largo de todo el valle del Aconcagua.

Distinto comportamiento tiene el cultivo del pistacho. De acuerdo con las proyecciones estimadas, la aptitud para su cultivo actualmente se presentaría favorable, alcanzando un total de 119.787 ha con algún grado de aptitud, las que disminuyen severamente a 56.277 ha al proyectarlas al año 2065. Si se analiza su comportamiento para las aptitudes altas y medias se pasaría del periodo actual de 47.331 ha, hasta las 3.176 ha en el periodo 2050 -2065, las que en su mayoría se concentran en la comuna de Putaendo, a diferencia de la actualidad, donde la citada comuna no presenta condiciones muy favorables al cultivo del Pistacho, pero sí, en el resto de las comunas de la cuenca. Durante los años 2020 y 2065, la disminución de las aptitudes altas y medias actuales representarían el 93%.

Finalmente, en el caso del lúcumo, el comportamiento sería similar a la jojoba, ya que son los únicos dos frutales en los que su superficie apta para el cultivo iría en aumento. Es así como en el periodo actual, la superficie apta es de 138.505 ha, sin embargo, durante los años 2050 – 2065 será de 147.782 ha, con lo que se prevé un aumento del 7%. Este incremento se distribuye de forma homogénea por todas las comunas de la cuenca, presentando aumentos del 21% para las aptitudes altas y medias, pasando de las 74.459 ha a las 90.751 ha, entre los años 2020 a 2065.

Por otro lado, durante el desarrollo del presente estudio, quedó demostrada la complejidad de los problemas que plantea la escasez de agua producto del cambio climático. En este contexto, el presente documento debe ser interpretado como un conjunto de sugerencias de soluciones, para las que se hace necesario realizar ensayos de campo, además de las respectivas actualizaciones de técnicas del cultivo de las especies a aplicar.

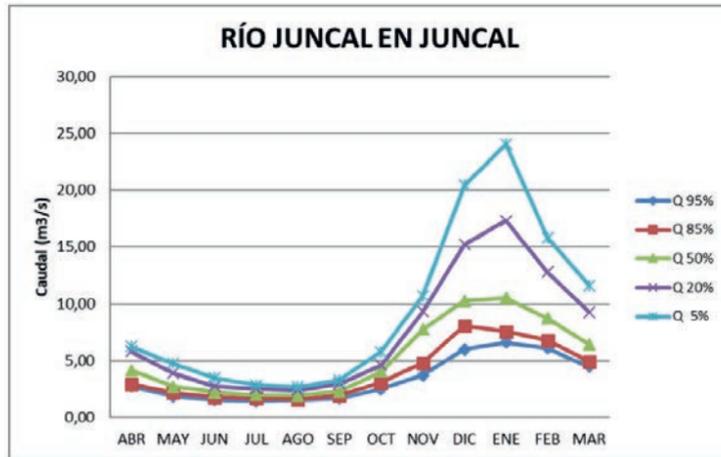
Asimismo, es necesario recalcar que el impacto que produce el cambio climático, y sus consecuentes periodos de sequía, exige soluciones multisectoriales que permitan enfrentar y mitigar los problemas que genera. En este sentido, se torna relevante la coordinación de las intervenciones de los distintos actores involucrados con las actividades agrícolas, no solo de la cuenca, sino que también a nivel regional y nacional.

Sin duda que, a medida que pasen los años, nuevas soluciones técnicas aparecerán en el horizonte. Lo que no puede pasar, es quedarse simplemente inmóvil, contemplando como este “terremoto seco” comienza lentamente a hacer estragos en la forma de vida de los habitantes de la cuenca.

# Anexos

## Caudales cuenca del río Aconcagua.

Gráfico 21. Variación estacional río Juncal en Juncal.



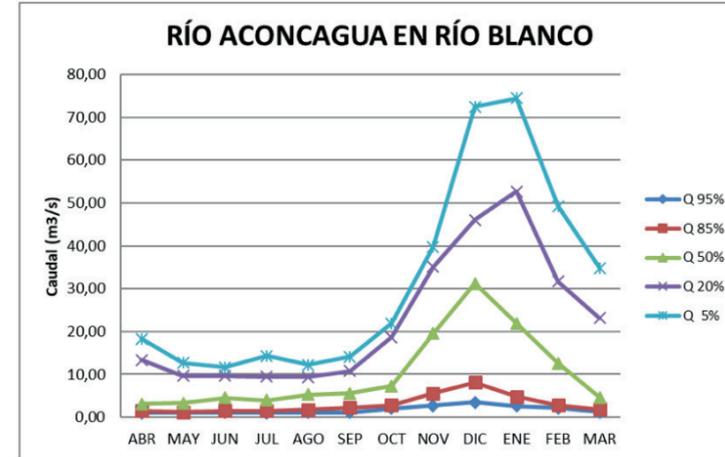
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Resultado análisis de frecuencia caudales medios Río Juncal en Juncal (m³/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	2,74	1,85	1,54	1,45	1,56	1,68	2,51	3,72	6,00	6,59	6,08	4,45	1,82	5,43	3,93
Q 85%	2,91	2,19	1,80	1,69	1,59	1,92	3,06	4,79	8,05	7,58	6,76	4,93	2,09	6,33	4,37
Q 50%	4,13	2,72	2,21	1,96	1,94	2,29	4,05	7,74	10,26	10,50	8,74	6,44	2,69	8,09	5,50
Q 20%	5,80	3,88	2,77	2,54	2,39	2,95	4,61	9,31	15,22	17,32	12,79	9,26	3,29	11,28	7,17
Q 5%	6,26	4,73	3,46	2,85	2,69	3,29	5,80	10,68	20,42	24,03	15,83	11,62	3,68	13,51	8,19

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 22. Variación estacional río Aconcagua en río Blanco.



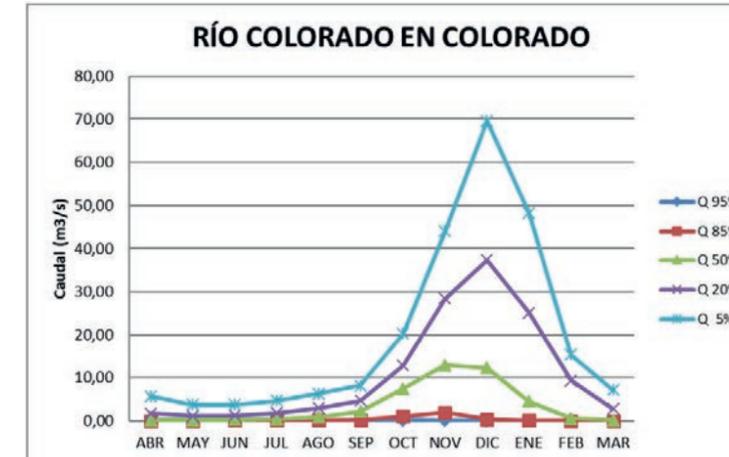
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Resultado análisis de frecuencia caudales medios río Aconcagua en río Blanco (m³/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	1,04	0,99	1,12	1,07	1,13	1,15	2,07	2,74	3,49	2,59	2,19	1,18	1,30	3,48	2,39
Q 85%	1,51	1,24	1,49	1,53	1,83	2,23	2,79	5,56	8,14	4,84	2,82	1,88	1,75	4,20	3,35
Q 50%	3,15	3,29	4,53	3,99	5,28	5,58	7,34	19,52	31,18	21,93	12,63	4,67	3,90	18,51	10,94
Q 20%	13,38	9,64	9,69	9,45	9,37	10,81	18,68	35,09	46,06	52,69	31,70	23,16	10,50	34,05	22,78
Q 5%	18,32	12,70	11,68	14,32	12,19	14,16	21,89	39,78	72,45	74,47	49,28	34,85	13,78	47,21	30,73

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 23. Variación estacional río Colorado en Colorado.



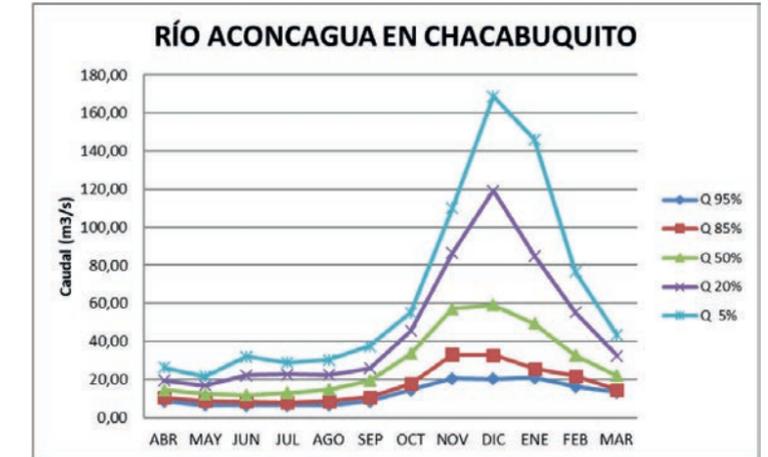
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Resultado análisis de frecuencia caudales medios río Colorado en Colorado (m³/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	0,02	0,05	0,05	0,05	0,10	0,16	0,25	0,09	0,07	0,04	0,04	0,02	0,13	0,28	0,22
Q 85%	0,06	0,08	0,09	0,12	0,16	0,26	1,13	1,99	0,45	0,11	0,06	0,03	0,22	0,75	0,51
Q 50%	0,22	0,27	0,30	0,43	0,87	2,19	7,40	13,00	12,29	4,47	0,62	0,19	0,94	6,07	3,57
Q 20%	1,73	1,20	1,29	1,87	2,94	4,68	12,82	28,44	37,33	25,07	9,33	2,81	2,66	18,61	11,01
Q 5%	5,75	3,77	3,70	4,71	6,28	8,18	20,31	44,05	69,54	48,17	15,34	7,18	5,50	36,88	20,38

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 24. Variación estacional río Aconcagua en Chacabucuito.



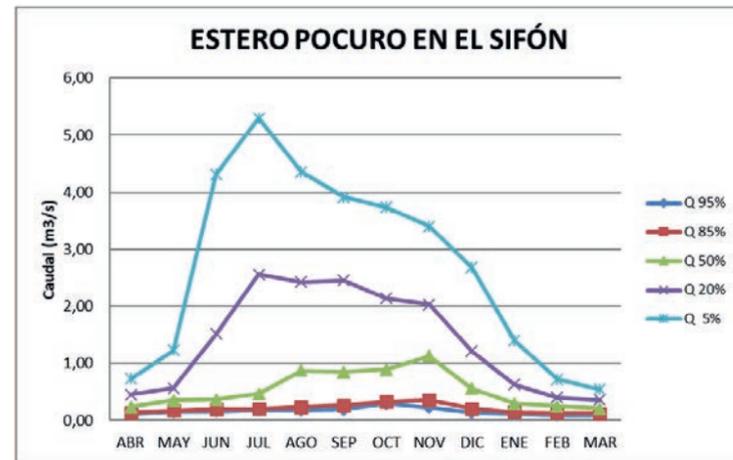
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Resultado análisis de frecuencia caudales medios río Aconcagua en Chacabucuito (m³/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	8,45	6,58	6,41	6,37	6,52	8,52	14,45	20,39	20,26	20,85	16,18	13,09	8,21	21,36	14,41
Q 85%	10,39	8,62	8,18	7,82	8,54	10,48	17,74	33,06	32,76	25,48	21,61	14,38	9,73	24,65	18,08
Q 50%	14,40	12,38	11,72	12,97	14,58	19,45	33,37	57,23	59,06	49,18	32,54	21,95	15,09	42,77	28,50
Q 20%	19,35	16,77	22,10	22,57	22,41	25,82	45,46	86,38	119,15	84,95	55,17	32,46	20,91	70,85	45,61
Q 5%	26,22	21,54	32,02	28,72	30,28	37,42	55,09	110,03	168,74	146,16	76,52	43,38	27,39	94,83	59,25

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 25. Variación estacional estero Pocuro en el Sifón.



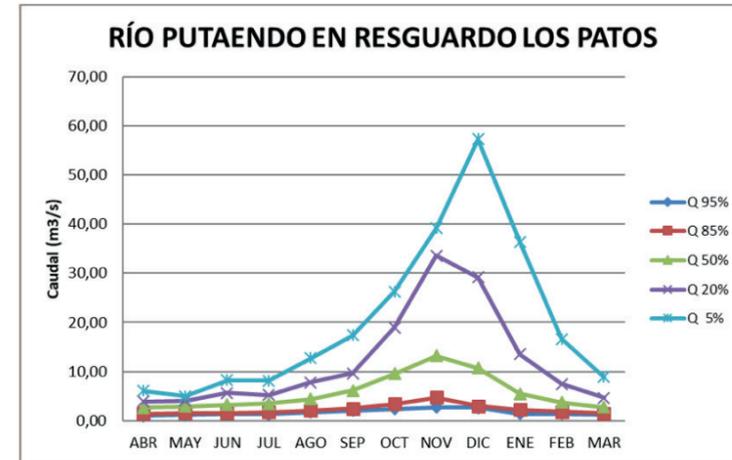
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Resultado análisis de frecuencia caudales medios estero Pocuro en El Sifón (m3/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	0,12	0,15	0,16	0,18	0,18	0,19	0,30	0,23	0,14	0,11	0,09	0,09	0,21	0,17	0,21
Q 85%	0,14	0,18	0,20	0,20	0,24	0,27	0,33	0,36	0,21	0,15	0,13	0,13	0,27	0,23	0,26
Q 50%	0,24	0,35	0,37	0,47	0,87	0,85	0,89	1,13	0,56	0,30	0,25	0,21	0,58	0,56	0,57
Q 20%	0,45	0,56	1,51	2,56	2,42	2,46	2,14	2,03	1,21	0,63	0,40	0,36	1,73	1,13	1,32
Q 5%	0,73	1,23	4,32	5,30	4,35	3,91	3,74	3,40	2,68	1,40	0,72	0,54	3,30	2,22	2,85

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 26. Variación estacional río Putaendo en resguardo Los Patos.



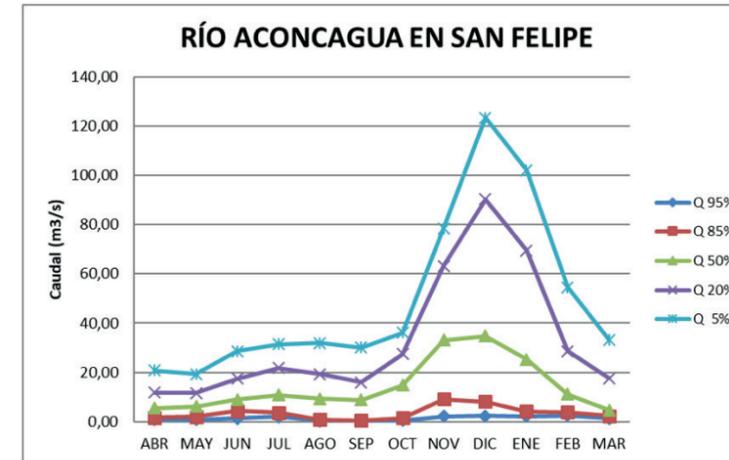
Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla 24. Resultado análisis de frecuencia caudales medios río Putaendo en resguardo Los Patos (m3/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	1,01	1,18	1,33	1,30	1,77	2,04	2,40	2,71	2,63	1,39	1,38	1,22	1,60	2,33	2,24
Q 85%	1,39	1,54	1,58	1,73	2,05	2,52	3,37	4,70	3,02	2,20	1,78	1,48	2,15	2,85	2,76
Q 50%	2,66	2,90	3,21	3,45	4,39	6,13	9,56	13,23	10,72	5,47	3,77	2,75	4,07	7,92	6,05
Q 20%	3,88	4,10	5,67	5,25	7,82	9,63	18,94	33,53	29,16	13,56	7,45	4,64	5,85	17,39	11,66
Q 5%	6,09	4,95	8,20	8,16	12,69	17,38	26,25	39,17	57,27	36,35	16,59	8,85	8,14	30,76	19,45

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 27. Variación estacional río Aconcagua en San Felipe.



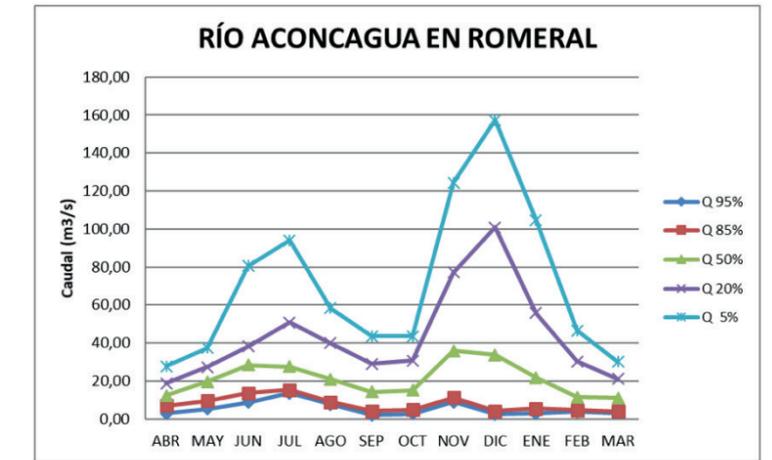
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Resultado análisis de frecuencia caudales medios río Aconcagua en San Felipe (m3/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	1,03	0,83	1,28	1,99	0,38	0,30	0,54	2,12	2,30	2,07	2,41	1,36	2,01	2,55	3,12
Q 85%	1,65	1,93	4,33	3,57	0,88	0,54	1,41	9,05	8,07	4,08	3,75	2,31	3,45	5,06	5,44
Q 50%	5,40	6,22	8,90	10,76	9,23	8,80	14,71	33,13	34,71	25,19	11,20	4,64	9,64	21,32	15,19
Q 20%	11,72	11,58	17,43	21,71	19,19	15,99	27,48	63,13	90,18	69,46	28,65	17,61	16,32	46,63	30,91
Q 5%	20,81	19,30	28,62	31,33	31,90	30,00	36,06	78,49	123,36	102,09	54,56	33,24	21,50	64,28	42,81

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°28. Variación estacional río Aconcagua en Romeral.



Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla 26. Resultado análisis de frecuencia caudales medios río Aconcagua en Romeral (m3/s).

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
Q 95%	3,06	5,30	8,79	13,68	7,67	2,22	2,84	8,94	2,54	2,93	3,87	3,10	7,68	4,86	7,20
Q 85%	7,08	9,53	13,76	15,30	8,88	4,34	4,96	11,40	4,23	5,58	4,68	4,14	10,88	6,42	9,34
Q 50%	12,30	19,58	28,42	27,56	20,95	14,21	15,26	35,84	33,75	21,87	11,42	11,11	20,35	22,06	22,12
Q 20%	18,82	27,37	38,25	50,85	39,90	29,10	30,66	77,16	100,86	55,78	30,26	21,21	33,87	58,89	44,53
Q 5%	27,80	37,37	80,53	93,94	58,27	43,58	43,51	124,42	157,26	104,77	46,47	30,13	49,64	76,92	65,53

Fuente: Elaboración propia.

## Flujo de caja estimado en la producción de jojoba

Tabla 27. Flujo de caja estimado en la producción de jojoba en la región de Valparaíso (\$/ha).

Año	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Inversión</b>	-5.316.420												
<b>Ingresos</b>		-	-	1.344.000	2.688.000	4.480.000	6.720.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000
<b>Costos</b>		410.452	386.020	503.292	945.994	1.102.356	1.298.787	1.494.240	1.494.240	1.494.240	1.494.240	1.494.240	1.494.240
<b>Saldo</b>	-5.316.420	-410.452	-386.020	840.708	1.742.006	3.377.644	5.421.213	9.705.760	9.705.760	9.705.760	9.705.760	9.705.760	9.705.760
<b>Saldo Acumulado</b>	-5.316.420	-5.726.872	-6.112.892	-5.272.184	-3.530.178	-152.534	5.268.679	14.974.439	24.680.199	34.385.959	44.091.719	53.797.479	63.503.239

Fuente: Elaboración propia.

## Flujo de caja estimado en la producción de frambuesa

Tabla 29. Flujo de caja estimado en la producción de frambuesa variedad Santa Catalina (\$/año).

Año	0	1	2	3	4	5	6
<b>Inversión</b>	6.800.000	0	0	0	0	0	0
<b>Ingresos</b>	0	750.000	4.875.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000
<b>Costos</b>	0	292.192	1.899.245	5.843.831	5.843.831	5.843.831	5.843.831
<b>Saldo</b>	-6.800.000	457.808	2.975.755	9.156.169	9.156.169	9.156.169	9.156.169
<b>Saldo Acumulado</b>	-6.800.000	-6.342.192	-3.366.437	5.789.732	14.945.900	24.102.069	33.258.237

Fuente: Elaboración propia.

## Flujo de caja estimado en la producción de pistachos

Tabla 28. Flujo de caja estimado en la producción de pistachos en la región de Valparaíso (\$/ha).

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Inversión</b>	- 7.998.920												
<b>Ingresos</b>		-	-				6.316.800	13.686.400	21.056.000	26.320.000	26.320.000	26.320.000	26.320.000
<b>Costos</b>		\$ 211.590	\$ 313.290	\$ 431.020	\$ 575.680	\$ 760.630	\$ 1.479.520	\$ 1.717.030	\$ 1.717.030	\$ 1.717.030	\$ 1.717.030	\$ 2.066.530	\$ 2.066.530
<b>Saldo</b>	- 7.998.920	-\$ 211.590	-\$ 313.290	-\$ 431.020	-\$ 575.680	-\$ 760.630	\$ 4.837.280	\$ 11.969.370	\$ 19.338.970	\$ 24.602.970	\$ 24.602.970	\$ 24.253.470	\$ 24.253.470
<b>Saldo Acumulado</b>	- 7.998.920	-\$ 8.210.510	-\$ 8.523.800	-\$ 8.954.820	-\$ 9.530.500	-\$ 10.291.130	-\$ 5.453.850	\$ 6.515.520	\$ 25.854.490	\$ 50.457.460	\$ 75.060.430	\$ 99.313.900	\$ 123.567.370

Fuente: Elaboración propia.

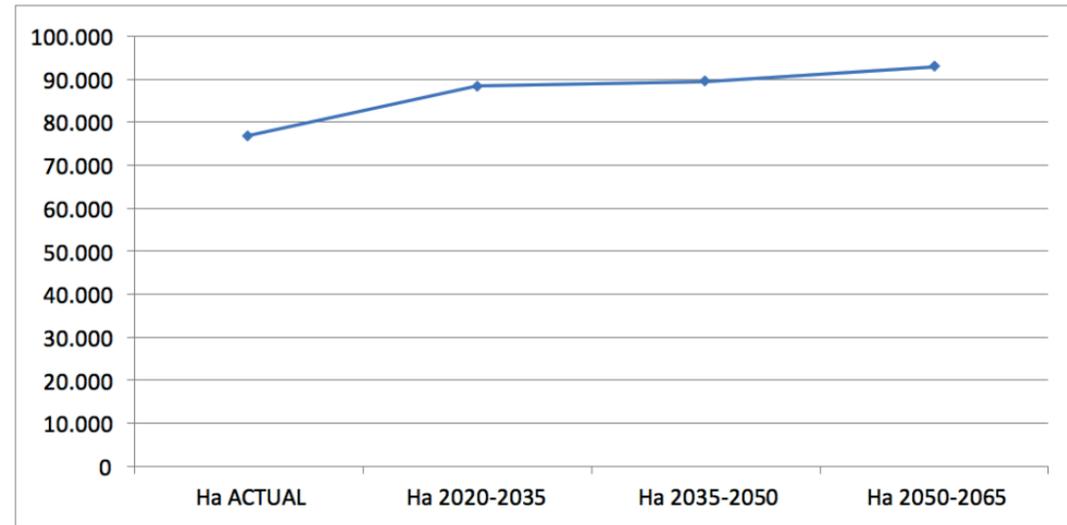
## Flujo de caja estimado en la producción de lúcuma

Tabla 30. Flujo de caja estimado en la producción de lúcuma por cada ha en la región de Valparaíso (\$/año).

Año	0	1	2	3	4	5 al 12
<b>Inversión</b>	-6.346.420	-	-	-	-	-
<b>Ingresos</b>	-	-	3.000.000	8.000.000	9.000.000	18.000.000
<b>Costos</b>	-	389.724	389.724	1.008.698	1.146.248	2.292.496
<b>Saldo</b>	-6.346.420	-389.724	2.610.276	6.991.302	7.853.752	15.707.504
<b>Saldo Acumulado</b>	-6.346.420	-6.736.144	-4.125.869	2.865.433	10.719.186	26.426.690

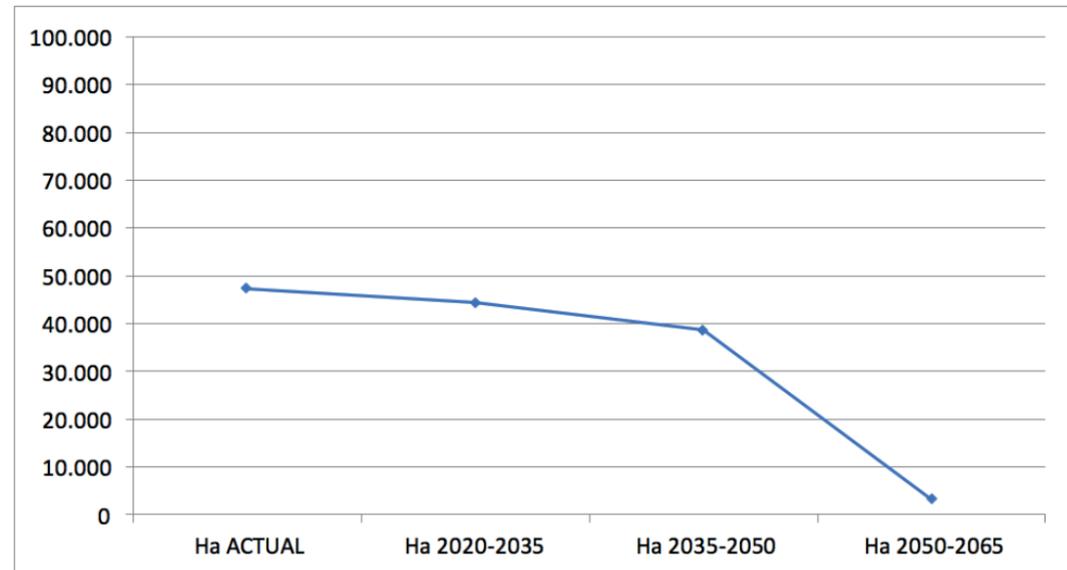
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 29. Evolución potencial de la superficie con aptitud alta y media para el cultivo de la jojoba.



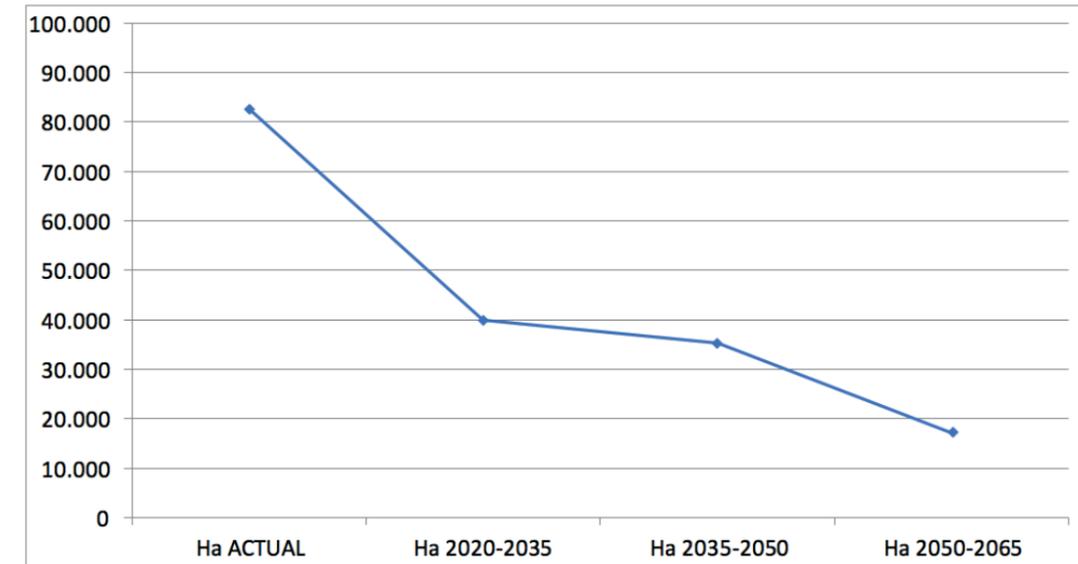
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 30. Evolución potencial de la superficie con aptitud alta y media para el cultivo de pistacho.



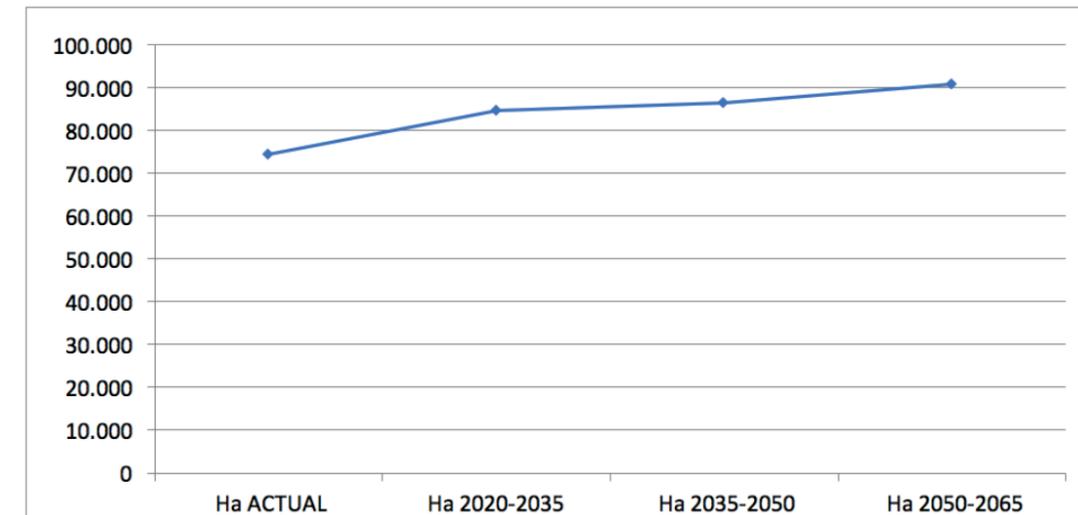
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 31. Evolución potencial de la superficie con aptitud alta y media para el cultivo de frambueso.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 32. Evolución potencial de la superficie con aptitud alta y media para el cultivo de lúcumo.



Fuente: Elaboración propia.

# Índice de abreviaturas

**(CR)2:** Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia patrocinada por Universidad de Chile., en asociación con la Universidad de Concepción, Universidad Austral de Chile, y financiada por Conicyt.

**C:** Capilaridad.

**CDC:** Capacidad de Campo.

**CIF:** Coste, seguro y flete (Cost Insurance and Freight).

**CORFO:** Corporación de Fomento de la Producción.

**Da:** Densidad aparente.

**DEM:** Modelo Digital de Elevación.

**DGA:** Dirección General de Aguas perteneciente al Ministerio de Obras Públicas

**ES:** Escurrimiento Superficial.

**ETc** = Evapotranspiración de la especie cultivada.

**ETp** = Evapotranspiración potencial.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura.

**FAOSTAT:** Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura.

**Ha:** Hectárea.

**INIA:** Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

**IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

**JH:** Jornadas Hombres.

**JM:** Jornadas Maquinas.

**Kc** = Coeficiente del cultivo.

**M3/s:** Metros cúbicos por segundo.

**MG:** Margen bruto.

**NDVI:** Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

**ODEPA:** Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.

**PcP:** Percolación Profunda.

**PMP:** Punto de Marchitez Permanente.

**PP:** Precipitación efectiva.

**PP:** Precipitación.

**RG:** Riego.

**SIG:** Sistema de Información Geográfica.

**TIR:** Tasa interna de retorno.

**VAN:** Valor actual neto.

# Bibliografía / Referencias

Alcaraz, L., Real, S., Meza, R., Valdez, D., Rodríguez, M., & Orduño, A. (2011). Diagnóstico de la jjoba (*Simmondsia chinensis*) Link C.K. Schneider, en México. Universidad Autónoma Chapingo.

Alegre, M., & Ticse, A. (2017). Caracterización de macrocomponentes en pulpa congelada de tres biotipos de lúcuma (*Pouteria lucuma*). Universidad San Ignacio de Loyola.

Ariaza, N. (2016). Evaluación morfológica, bioquímica y diversidad genética del germoplasma silvestre de jjoba (*Simmondsia chinensis*) y (*Jatropha curcas*) del noroeste de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Ballinas, E. (2007). La Jjoba (*Simmondsia chinensis* Link Schneider) una gran alternativa para el desierto y semidesierto mexicano. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Bañados, M. (2002). Frambuesas en Chile: sus variedades y características. Fundación para la Innovación Agraria. [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1957/FRAMBUESAS\\_EN\\_CHILE\\_SUS\\_VARIETADES\\_Y\\_CARACTERISTICAS.pdf](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1957/FRAMBUESAS_EN_CHILE_SUS_VARIETADES_Y_CARACTERISTICAS.pdf)

Bañados, M., Bonomelli, C., Figueroa, R., Gambardella, M., Zavieso, T., Ávila, B.,... Grez, J. (2015). Manual digital del cultivo de frambuesas y frutillas en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Bordor, M. (2017). Variación morfológica y molecular de la lúcuma (*Pouteria lucuma*) y su contribución al manejo sustentable de los huertos de Yaután y Laredo. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Botti, C., Doussoulin, E., Escobar, H., & Zunino, C. (1989). Investigación y desarrollo de áreas silvestres en zonas áridas y semiáridas "Estudio de reproducción vegetativa en jjoba (*Simmondsia chinensis* Link Schneider). Corporación Nacional Forestal.

Brown, P. (1998). Alarma, El Planeta Se Calienta: Una Realidad Amenazadora. Flor del Viento Ediciones. Centro de Agricultura y Medio Ambiente. (2018). Atlas Agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. <http://www.agrimed.cl/contenido.asp?Id=9&Titulo=Atlas%20Agroclimatico%20de%20Chile>

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Plataforma de simulaciones climáticas. [Imágenes ráster] visitadas entre 09-01-2019 al 16-09-2019. <http://simulaciones.cr2.cl/>

Chile. Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. [http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan\\_nacional\\_climatico\\_2017\\_2.pdf](http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf)

CONABIO. (26 de junio de 2020). Comisión Nacional para el conocimiento y uso en la biodiversidad. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/18-simmo1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/18-simmo1m.pdf)

Corporación de Fomento de la Producción & Universidad Austral de Chile. (1982). Frambueso. Corporación de Fomento de la Producción. (1982). Introducción de nuevas especies y variedades frutícolas I Región.

Correa, C. & Merlet, H. (1997). Cálculo y Cartografía de Evapotranspiración Potencial en Chile. Comisión Nacional de Riego, Centro de Información de Recursos Naturales. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/9303>

Cruz, P. (1996). Cultivo mejorado de jjoba nuevo material genético en Chile, rentabilidad y manejo. Revista Chile Forestal, (96), 114-117.

Cruzat, R., & Bachler, L. (2010). Producción de pistacho en zonas de secano. Fundación para la Innovación Agraria. [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145593/96\\_Ficha\\_Pistacho.pdf](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145593/96_Ficha_Pistacho.pdf)

Del Castillo, R. (2006). Estudio técnico de la producción de harina de lúcuma en la sierra de Piura. Universidad de Piura.

Dirección de Planificación Región de Valparaíso. (2007). Ministerio de Obras Públicas.

Dirección General de Aguas & Cade-Idepe. (2004). Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca Del Rio Aconcagua.

Dirección General de Aguas (2018). Decreto MOP n° 13 de 1 de febrero de 2018, declara zona de escasez hídrica (2018). <http://www.dga.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=525>

Dirección General de Aguas. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, cuenca del río Aconcagua. <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Aconcagua.pdf>

Dirección General de Aguas. (2019). Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>

Ebel, G. (1935). Los lúcumos en Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 39(1), 183-188.

Esperbent, C. (2017). El cambio del clima dejasu huella en la agricultura. Revista Investigación Agropecuaria, 43(2). [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142017000200004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142017000200004)

FAO. (2006). Estudios FAO. Serie Riego y Drenaje, (56).

Fernandes, E., Soliman, A., Confalonieri, R., Donatelli, M. & Tubiello, F. (2012). *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*. Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/12582/692650ESW0P1190nd0Agriculture0Final.pdf>

Galindo, L.M., Samaniego, J.L., Alatorre J.E., Ferrer, J. (2014). Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático: una visión desde América Latina. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37608-reflexiones-metodologicas-analisis-cambio-climatico-vision-america-latina>

García, J., García, G., & Ciordia, M. (2014). El cultivo del frambueso. SERIDA. <http://www.serida.org/pdfs/6085.pdf>

Hermosilla, C. (11 diciembre 2017). Valparaíso recupera su producción de paltas y lucha por tener más agua. El Mercurio. <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=424308>

Hoar, T. Nychka D. (2008). Statical downscaling of the Community Climate System Model(CCSM) Monthly Temperature and Precipitation Projections. (IMAGE/NCAR). <https://gisclimatechange.ucar.edu/sites/default/files/users/Downscaling.pdf>

Ibacache, A. (2001). Frutales de nuez y el olivo. En S.q. S.A.. Agenda del Salitre. SQM.

Perú. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. (2006). Manejo agronómico del cultivo de lúcumo. Hoja divulgativa, (4).

Larrañaga, P., Osos, M., Escobar, C., Henríquez, G., Beltrán, P., Villa, R., Woywood, C., Peña, J., González, J., Avendaño, A. & Palomino, M. (2017). Catastro Frutícola. Principales Resultados Región de Valparaíso. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Centro de Información de Recursos Naturales. [http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26430/Cfpr05\\_2017.pdf](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26430/Cfpr05_2017.pdf)

Lavín, A., Reyes, M., & Almarza, P. (s.f.). Pistacho. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

López, A., Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. El trimestre Económico, 83(332), oct./dic. <http://dx.doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>

Maldonado, I. & Aravena, R. (2006). Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus Aplicaciones Productivas. Boletín INIA, (145), 217-234. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34381.pdf>

McCarl, B. A. (2010). Analysis of Climate Change Implications for Agriculture and Forestry: An Interdisciplinary Effort. *Climatic Change*, 100(1), 119-124.

Merlet, H. & D'Etigny, M. (1989). Requerimientos de clima y suelo frutales menores y de hoja persistente. Centro de Información de Recursos Naturales. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/19525/CIREN-0054.pdf>

Merlet, H. & Navarro, Ana. (2016). Zonificación de la aptitud productiva de frutales y berries en la región de La Araucanía. Centro de Información de Recursos Naturales, Corporación de Fomento de la Producción.

Merlet, H., Gómez, J., Bustamante, A., Espinoza, L., Navarro, A., Bustos, A., Riffo, C., Zamora, G., Reyes, G., Gajardo, G., Bruno, S., Villa, P. Quezada, F. & Herrera, A. (2016). Diagnóstico para desarrollar plan de riego en cuenca de Aconcagua. Comisión Nacional de Riego. [http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26599/CNR-0249\\_2.pdf](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26599/CNR-0249_2.pdf)

Merlet, H., Navarro, A. & Rosales, C. (2015). Manual técnico productivo y económico frambuesa. Centro de Información de Recursos Naturales. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26083/PC18916.pdf>

Morales, C., González, M., Hirzel, J., Riquelme, J., Herrera, G., Madariaga, M.,... San Martín, J. (2009). Aspectos relevantes en la producción de frambuesa (*Rubus ideaus* L.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <http://biblioteca.inia.cl/medios/raihuen/Boletines/NR36501.pdf>

Morales, C., Jorge, R., Hirzel, J., France, A., Pedreros, A., Uribe, H., & Abarca, P. (2017). Manual de manejo agronómico del frambueso. Boletín INIA, (7). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/07%20Manual%20Frambuesa.pdf>

Muñoz, M. (1987). Nomenclatura del lúcumo en Chile. *Agricultura Técnica*, 47(4), 416-418. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR06847.pdf>

OECD. (2012). *Farmer Behaviour, Agricultural Management and Climate Change*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264167650-en>

Ovalle, M. (2012). Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus Aplicaciones Productivas. Estimación de la Huella Hídrica de Cultivos con Potencial Bioenergético en la Provincia de Limarí. [Memoria de Título no publicada]. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómica.

Penman, H.L. (1956). Evaporation and introductory survey. *Nether. Journal of Agricultural Science*, (4), 9-30.

Perú. Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Manual de abonamiento con guano de las islas, cultivo del lúcumo (*Pouteria lucuma*). *Agrorural*, 36-37. <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/ficha%20tecnica%20lucumo.pdf>

Razeto, B. (1993). Para entender la fruticultura. *Vivarium*.

Rodríguez, J., González, C., Gourджи, S., Mason-D'Croz, D., Obando-Bonilla, D., Mesa-Diez, J. & Prager, S. (2016). Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 11-34. <http://www.scielo.org.co/pdf/cudr/v13n78/0122-1450-cudr-13-78-00011.pdf>

Rudolph, G. (1983). Ensayos de técnicas en vivero para la producción de plantas de jojoba *Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider. Corporación Nacional Forestal, FAO.

Saavedra, E. (2011). El Pistachero Antecedentes generales y avances en el manejo agronómico del cultivo del pistachero en Chile. Fundación para la Innovación Agraria. [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145483/El\\_Pistachero.pdf](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145483/El_Pistachero.pdf)

Sáez, I. (s.f.). El cultivo del pistacho. Asociación productores de pistacho del condado APPISTACO.

Santibáñez, F. & Merlet, H. (1989). Evaluación y cartografía de la evapotranspiración potencial en la zona de climas mediterráneos de Chile. *Boletín Técnico Facultad de Agronomía Universidad de Chile*, (48).

Sotes, G., Bustamante, R., & Henríquez, C. (2013). Distribución de plántulas y germinación de semillas del lúcumo chileno (*Pouteria splendens*) en Los Molles, Chile. *Revista chilena de historia natural*, 337-344.

Squella, F., & Meneses, R. (26 de junio de 2020). La Jojoba un nuevo cultivo. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR10385.pdf>

Sudzuki, F. (1984). La Frambuesa. En F. Sudzuki. *Cultivo de frutales menores*. Universitaria.

Sudzuki, F. (1996). El Pistacho. En F. Sudzuki. *Frutales subtropicales para Chile*. Universitaria.

Torrealba, J. (1983). Análisis del potencial de la jojoba en Chile. Fundación Chile.

Tubiello, F. & Rosenzweig, C. (2008). Developing Climate Change Impact Metrics for Agriculture. *Integrated Assessment*, 8(1), 165-184.

Undurraga, P., & Avilés, R. (2013). Manual de Frambuesa. *Boletín INIA n°26*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro regional de investigación Quilamapu.

Universidad de Chile. (1997). Publicación técnica: La jojoba manejo agronómico y análisis económico. Universidad de Chile.

Universidad de Talca & Comisión Nacional de Riego. (2010). Coeficientes de Cultivo (Kc). Servicio de Programación y Optimización del Uso de Agua de Riego (Proyecto SEPOR). *Boletín Informativo*, (6). [http://www.sepor.cl/informacion\\_boletines/S106\\_Boletin\\_Coeficiente\\_de\\_cultivo.pdf](http://www.sepor.cl/informacion_boletines/S106_Boletin_Coeficiente_de_cultivo.pdf)

Valle, J. (2003). Importancia de la jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider) en su hábitat natural en la península de baja California. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1272/IMPORTANCIA%20DE%20LA%20JOJOBA%20%28Simmondsia%20chinensis%20%28Link%29%20schneider%29%20EN%20SU%20HABITAD%20NATURAL%20EN%20LA%20PENINSULA%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA.pdf?sequence=1>

Velásquez, M. & Sudzuki, F. (1988). Manual del cultivo de la frambuesa (*Rubus ideaus*). Centro de Información de Recursos Naturales. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26416/CIREN-0047.pdf>

Wilhelmy, C. (2001). Chirimoyo y Lúcumo. En S.q. S.A. *Agenda del Salitre*. SQM.

# Créditos Fotográficos

Agustin Sepúlveda Sariego  
Archivo fotográfico Ciren  
Cristóbal González Rossel  
Diana Hermosilla Acevedo  
Diego Jorquera Delgadillo  
Francisco González Valdés  
Herman Manríquez Tirado  
Niceda Atencia, Pixebay  
Shutterstock

*Para acceder al visualizador de mapas  
por favor dirigirse a:*

<http://proyeccionesaconcagua.ciren.cl/>



[www.ciren.cl](http://www.ciren.cl)

