

Manual técnico productivo y económico bajo condición actual y clima proyectado al 2030

Proyecto: Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío.



TOMATE

ISBN: 978-956-9365-24-9
Publicación Ciren N°: 209
Registro de propiedad intelectual: 285.578

Autores

Carolina Leiva Madrid, Ing. Agr.
Carla Schmidt Gómez, Ing. Agr.
Gonzalo Gajardo Escobar, Ing. Agr.

Equipo de trabajo

Carolina Leiva Madrid, Ing. Agr. Ciren
Carla Schmidt Gómez, Ing. Agr. Ciren
Gonzalo Gajardo Escobar, Ing. Agr. Ciren
Carlos Torres Miranda, Cartógrafo. Ciren
Marcelo Retamal Gajardo, Cartógrafo. Ciren
Fernando Santibáñez Quezada, Ing. Agr. Dr. Agrimed
Paula Santibáñez Varnero, Ing. Civil en Geografía, Dr. Agrimed
Carolina Caroca Torres, Ing. Civil en Geografía, M.S. Agrimed
Alejandra Rodríguez Pacheco, Ing. Agr. Inia
Marcel Fuentes Bustamante, Ing. Civil Agrícola, Mg. Inia
Paulina Sánchez Sagardía, Ing. Agr. Inia
Pablo Grau Beretta, Ing. Agr. Ph. D. Inia
Marisol Reyes Muñoz, Ing. Agr. Dr. Inia
Juan Pablo Martínez Castillo, Ing. Agr. Ph. D. Inia

Diseñador

Igor Sánchez Abdala

Manual técnico productivo y económico para la producción de tomate en la Región del Biobío, bajo condición actual y clima proyectado al 2030

Proyecto: Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío.



Proyecto apoyado por



Agradecimientos

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a los siguientes agricultores, profesionales y empresas que colaboraron desinteresadamente en el proyecto:

Rodrigo García, Seremi de Agricultura de la Región del Biobío
Miguel Rubilar, Corfo Biobío
María Iliá Cárdenas, Ciren
Javier Chillian, Inia Quilamapu
Alfredo Wahling, Asociación Ñuble
Álvaro Gatica, Asociación Ñuble
Carlos Smith, Asociación Ñuble
Ernesto Jahn, Asociación Ñuble
Pablo Acuña, Asociación Ñuble
Ana Corina Fuentes, Indap Cañete
Jaime Ugarte, Socabío
Alejandro Ponce, Nodo Hortícola Regional
Susana Fischer, Universidad de Concepción

Asimismo, agradecemos a las ejecutivas de Corfo, Sra. Marianna Delgado, Catalina Torres y Wanda García, por el apoyo durante la realización del proyecto.

Prólogo

La agricultura, a nivel global, es uno de los sectores productivos más expuestos al cambio climático que se prevé para las próximas décadas. Las especies frutales se ven enfrentadas, dentro de su desarrollo productivo, a diversos factores atmosféricos que condicionan, en mayor o menor medida, la productividad de un huerto. Si bien, la tecnología permite mejorar el manejo agronómico, el factor clima no es siempre económicamente factible de modificar. Es por esto que, en la actualidad, el análisis de las ventajas y riesgos atmosféricos esperados para el clima futuro, ha pasado a ser esencial en la determinación de las aptitudes de los cultivos de una zona geográfica o predio en particular.

El aumento de temperaturas mínimas y máximas es considerado una limitante productiva para los cultivos en general, ya que afecta tanto procesos de desarrollo como de crecimiento de ellos. Al respecto, diversos estudios de clima futuro coinciden en que habrá aumentos en dichas temperaturas

frente a lo cual la Región del Biobío no queda ajena, donde el alza de las temperaturas se sentirá con mayor intensidad hacia el interior de la Región, tal como lo muestra el análisis espacial de distribución de los elementos atmosféricos más relevantes.

Frente a estos antecedentes, el presente manual de producción, tiene como propósito ayudar a la toma de decisiones productivas de agricultores, profesionales y empresarios, así como de instituciones públicas y privadas, que tengan interés en la producción de tomate en la Región del Biobío. Este manual es uno de los productos del proyecto financiado por Corfo “Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío”, ejecutado por Ciren en colaboración de Inia Quilamapu y el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (Agrimed) con la Seremi de Agricultura de la Región del Biobío, como mandante.

Índice

1. Introducción	11
2. Aspectos técnicos	13
2.1 La planta: descripción botánica	13
2.2 Etapas fenológicas	14
2.3 Clasificación de cultivares	16
2.4 Requerimientos climáticos	16
2.5 Requerimientos de suelo	18
2.6 Requerimiento hídrico	18
2.7 Establecimiento	18
2.8 Fertilización	20
2.9 Manejo de las malezas	21
2.10 Riego	21
2.11 Enfermedades	22
2.12 Plagas	25
2.13 Fisiopatías	27
2.14 Cosecha	28
3. Aspectos económicos	31
3.1 Superficie y producción mundial	31
3.2 Comercio internacional	33
3.3 Superficie y plantación en Chile	35
3.4 Análisis económico	35
3.5 Análisis económico con cambio climático	37
4. Mapas de aptitud productiva	43
5. Recomendaciones productivas	41
6. Bibliografía	55

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Temperaturas críticas y óptimas para el cultivo del tomate	17
Cuadro 2.	Marco de plantación del tomate, distanciamientos más utilizados en Chile	19
Cuadro 3.	Antecedentes de establecimiento del cultivo del tomate al aire libre	19
Cuadro 4.	Tomate: extracción estimada de nutrientes	20
Cuadro 5.	Dosis referenciales de fertilización en el cultivo de tomate al aire libre	20
Cuadro 6.	Superficie cosechada y participación de los países productores respecto de la producción mundial, año 2014	32
Cuadro 7.	Costos directos de producción del tomate	36
Cuadro 8.	Indicadores de evaluación económica para una hectárea de tomate	36
Cuadro 9.	Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)	37
Cuadro 10.	Costos de establecimiento de riego por goteo en huerto de tomate	37
Cuadro 11.	Costos directos de producción del tomate	37
Cuadro 12.	Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)	38
Cuadro 13.	Costos de establecimiento de riego por goteo en huerto de tomate	38
Cuadro 14.	Costos directos de producción del tomate	39
Cuadro 15.	Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)	39
Cuadro 16.	Costos de establecimiento de riego por goteo en huerto de tomate	40
Cuadro 17.	Costos directos de producción del tomate	40
Cuadro 18.	Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)	41

Índice de figuras

Figura 1.	Descripción del fruto	14
Figura 2.	Estados de desarrollo del cultivo del tomate	15
Figura 3.	Síntoma de tizón temprano causado por el hongo <i>Alternaria solani</i>	22
Figura 4.	Tomate afectado por <i>Alternaria alternata</i>	23
Figura 5.	Síntomas de cancro del tallo en planta de tomate y en fruto	23
Figura 6.	Síntoma en tallo de planta de tomate causado por <i>Fusarium oxysporum</i>	24
Figura 7.	Estado adulto, larva y pupa de <i>Tuta absoluta</i>	25
Figura 8.	Daño causado por larva de <i>Tuta absoluta</i>	25
Figura 9.	Daño en hojas de tomate causado por <i>Aculops lycopersici</i>	26
Figura 10.	<i>Frankliniella occidentalis</i>	26
Figura 11.	<i>Myzus persicae</i>	27
Figura 12.	<i>Heliothis zea</i> en estado adulto y larva, causando daño en fruto	27
Figura 13.	Pudrición apical en tomate	28
Figura 14.	Daño por golpe de sol en tomate	28
Figura 15.	Producción mundial de tomates	31
Figura 16.	Participación mundial del cultivo del tomate	32
Figura 17.	Comercialización del tomate a nivel mundial	33
Figura 18.	Países importadores de tomate	33
Figura 19.	Países exportadores de tomate	34
Figura 20.	Importaciones de tomate a nivel nacional	34
Figura 21.	Superficie del cultivo de tomate en Chile	35



1. Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas clasificada como una hortaliza de gran diversidad y ampliamente cultivada.

En Chile, el tomate para consumo fresco es el tercer cultivo hortícola con mayor superficie, después del choclo y la lechuga, según estimaciones del INE para el año 2014 (Odepa, 2015).

La superficie cultivada a nivel nacional de tomate para consumo fresco, entre los años 2007 y 2016 ha presentado pocas variaciones, bordeando en promedio las 4.945 hectáreas anuales (Odepa, 2017). Durante el año 2014, el 69 % de la superficie nacional con tomate para consumo fresco se concentró entre las regiones de Valparaíso y del Maule. Mientras que la Región del Biobío representó un 7 % de la superficie nacional destinada al cultivo del tomate fresco en igual fecha,

con 327 hectáreas (Odepa 2015).

Si bien es una hortaliza de estación cálida y a pesar de su gran sensibilidad a las heladas, el tomate de consumo fresco está presente en los mercados del país durante todo el año. El amplio rango de condiciones agroclimáticas que ofrece el país hace posible su cultivo desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos (Monardes, 2009).

Desde el punto de vista alimenticio, el tomate es la hortaliza que por su versatilidad de consumo ocupa un lugar de mayor importancia. En cuanto a su contenido nutricional es una de las hortalizas con vitaminas y minerales que se demandan en la alimentación humana (Pérez et al., s/f). Chile presenta el mayor consumo per cápita a nivel sudamericano, con alrededor de 29,8 kilos en el año 2000, mientras que a nivel mundial fue de 14,9 kg anuales en igual fecha (Odepa, 2003).



2. Aspectos técnicos

2.1 LA PLANTA: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El tomate es una planta perenne y cultivada como anual debido a su gran sensibilidad a las bajas temperaturas (González, 1994). Es de porte arbustivo y se desarrolla en forma rastrera, semi erecta o erecta, dependiendo de la variedad.

Sistema radical

Se compone de una raíz pivotante y gran cantidad de raíces secundarias. Bajo ciertas condiciones de cultivo, es posible se dañe la raíz pivotante, frente a esto, la planta desarrolla un sistema de raíces fasciculado, donde dominan raíces adventicias que se concentran en los primeros 30 cm del perfil del suelo (Monardes, 2009).

Tallo

Los tallos son ligeramente angulosos, de grosor mediano y con presencia de tricomas (pilosidades).

Hojas

Las hojas son pinnadas compuestas y se

disponen de forma alternada sobre el tallo. Presentan un gran foliolo terminal y hasta 8 foliolos laterales (Chamorro, 2001).

Flor

La flor del cultivo del tomate es perfecta, se agrupan en número variable en inflorescencias de tipo racemosas. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Monardes, 2009. Chamorro, 2001).

Fruto

El fruto es una baya bi o plurilocular. Los lóculos contienen las semillas rodeadas por una masa gelatinosa. El peso final del fruto en la madurez varía en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado (Chamorro, 2001).

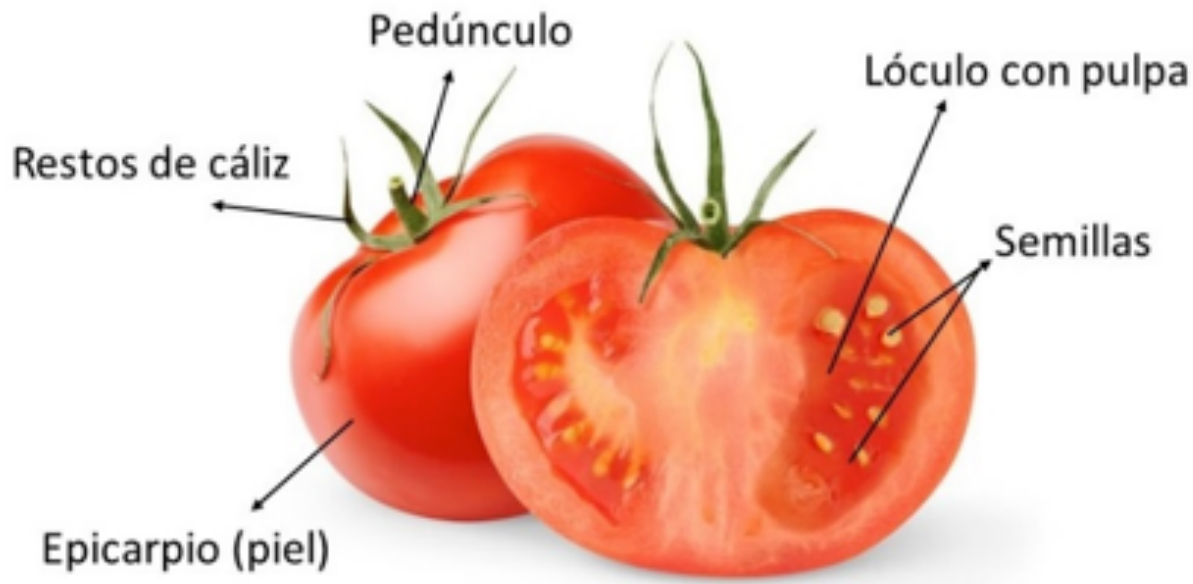


Figura 1. Descripción del fruto

2.2 ETAPAS FENOLÓGICAS

Las etapas que forman el ciclo de vida considera:

Germinación

Etapa que depende de factores como condiciones de almacenamiento de la semilla, condiciones ambientales y variedad. La temperatura óptima para este proceso, se encuentra entre los 20 y 25°C (Chamorro, 2001. Moyaben, 1980).

Desarrollo vegetativo

El desarrollo de la planta depende de numerosos factores, entre los cuales se encuentra la variedad, la iluminación, estado nutricional y el suministro hídrico. La temperatura en tanto, tiene un efecto importante sobre el desarrollo vegetativo de la planta, la temperatura óptima se encuentra alrededor de los 25°C (Chamorro, 2001).

Floración

La diferenciación y desarrollo de la flor constituyen etapas previas a la fructificación, y en consecuencia, todos los factores que afectan a la floración pueden influir sobre la precocidad, rendimiento y calidad de frutos. La floración es un proceso afectado por numerosos factores entre los que destacan la variedad, temperatura, iluminación, la competencia con otros órganos de la planta y estado nutricional. El hábito de ramificación de la planta también tiene una influencia determinante sobre la floración, produciéndose ésta de forma prácticamente continuada en los cultivares de crecimiento indeterminado, mientras que en los determinados lo hace en una época específica (Chamorro, 2001).

Cuajado de fruto

La fecundación de los óvulos marca el inicio del crecimiento del fruto. En la fecundación podemos distinguir las siguientes etapas: la formación del grano de polen, la polinización y la fecundación. Si las condiciones ambientales no son favorables para el cuajado, las flores caen después de antesis o incluso después de la polinización. La producción y viabilidad del polen puede disminuir considerablemente por deficiencias en la nutrición y por temperaturas extremas fuera del intervalo de 10 a 35°C. Otros factores que pueden provocar la caída de la flor, incluso después de la polinización, son una iluminación insuficiente, un exceso de fertilización o un cuajado previo abundante (Chamorro, 2001).

Desarrollo del fruto

El tiempo necesario para que un ovario fecundado se desarrolle a un fruto maduro es de 7 a 9 semanas, esto en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales. La velocidad de desarrollo del fruto resulta marcadamente afectada por la temperatura. Tanto el tamaño como el contenido en sólidos solubles del fruto dependen de los fotoasimilados recibidos de las hojas (Chamorro, 2001)

Madurez fisiológica y cosecha

Durante la etapa de maduración, se producen cambios importantes en el color, composición, aroma, sabor y textura que hacen el fruto atractivo para consumo humano. En promedio, el estado de madurez y cosecha se logra a los 80 días después de trasplante (SQM, 2017).

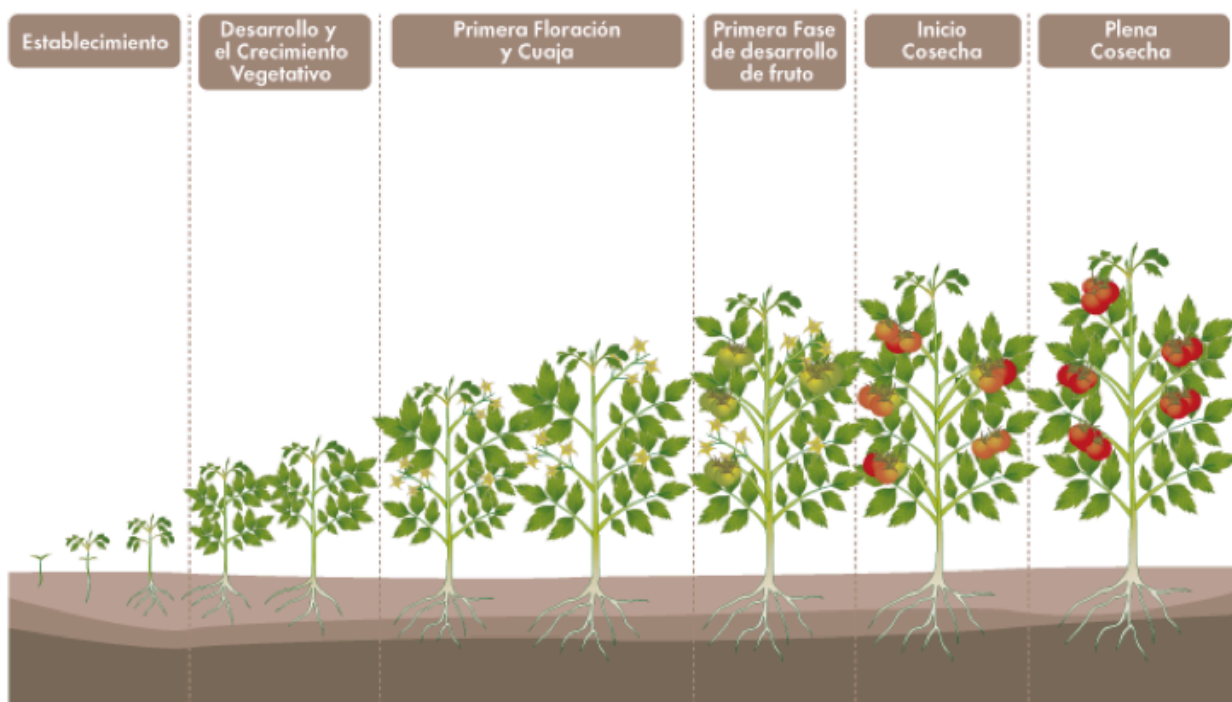


Figura 2. Estados de desarrollo del cultivo del tomate
Fuente. SQM, 2017.

2.3 CLASIFICACIÓN DE CULTIVARES

Existen diferentes clasificaciones de los cultivares dependiendo del uso que se le va a dar; existen variedades para uso industrial, y por otro lado, están aquellas para consumo fresco, éstas últimas se pueden agrupar en aquellas para cultivo bajo invernadero y para cultivo al aire libre. Además destacan las variedades para producción de tomate en racimo, como las variedades de larga vida.

Otro tipo de clasificación es aquella según hábito de crecimiento, destacando aquellos con desarrollo determinado, para producción al aire libre, consumo fresco y consumo industrial, por otro lado se encuentran aquellos cultivares con desarrollo indeterminado o indefinido utilizados en producción de invernadero (Vásquez *et al.*, 2012. Alvarado, 2009).

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se pueden clasificar en dos grupos:

i) Crecimiento indeterminado

Presentan un hábito guiador, donde el tallo principal, con dominancia apical, crece más que las ramificaciones laterales. Su ápice es vegetativo, por lo cual crece indeterminadamente mientras existan las condiciones para hacerlo. Las inflorescencias se presentan en forma más espaciada, cada 3 hojas, terminando siempre con un ápice vegetativo. El primer racimo aparece después de la octava hoja en las variedades tardías e híbridos, y después de la sexta hoja en variedades precoces (González, 1994). También aparecen en las axilas formadas por el tallo y los peciolos de las hojas, nuevos brotes que seguirán el mismo patrón que el tallo principal, pero que generalmente son removidos según el sistema de poda que se aplique (Monardes, 2009).

ii) Crecimiento determinado

Las inflorescencias se presentan en forma alternada con cada hoja o cada dos hojas, y el ápice termina en un racimo floral que marca el punto donde se termina el crecimiento, por eso se les denomina también como variedades de "autopoda" (González, 1994. Monardes, 2009).

No obstante lo anterior, algunas variedades muestran comportamiento intermedio y se les denomina variedades semideterminadas, pero son las menos (Alvarado, 2009).

2.4 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

La planta se desarrolla en un amplio rango de latitudes, tipo de suelo, temperaturas y método de cultivo. Sin embargo, prefiere ambientes cálidos, con buena iluminación y drenaje. La exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10°C, una iluminación diurna inferior a 12 horas, un drenaje deficiente o un abonado nitrogenado excesivo le afectan desfavorablemente (Chamorro, 2001).

La temperatura adecuada durante el desarrollo del cultivo oscila entre 20 a 28°C durante el día y entre 16 a 18°C durante la noche; con temperaturas superiores a los 30 – 35°C puede ocurrir caída de flores, se ve afectada la fructificación por mal desarrollo de óvulos, y el desarrollo de la planta en general. Temperaturas inferiores a 12 – 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta, como también una detención en su crecimiento (Sierra, 2012. Vásquez *et al.*, 2012).

El tomate es un cultivo típico de primavera – verano, al que, en principio, no le van bien temperaturas demasiado bajas. La temperatura mínima a la cual la planta puede sufrir daños de helada no es fácil de precisar ya que depende del estado de desarrollo de la planta y otros factores. Sin embargo no es el riesgo de helada en la planta el principal problema del cultivo del tomate a baja temperatura, sino la sensibilidad de algunas de sus fases de desarrollo a temperaturas, no ya de alrededor de 1°C, sino inferiores a 11°C. Esas fases más sensibles al frío son la germinación-emergencia y el cuajado de fruto (Cuartero *et al.*, 2001).

La temperatura también interfiere en el proceso de germinación del polen, con temperaturas inferiores a 10°C o superiores a 30°C, el polen no germina. Si estas temperaturas extremas se mantienen por varias horas se produce abscisión o caída de flores (González, 1994).

La temperatura influye además sobre la maduración del fruto, en su precocidad y coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como también superiores a 30°C originan tonalidades amarillentas (Sierra, 2012).

Radiación

El tomate es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo requiere de una buena iluminación (Pérez *et al.*, s/f).

Humedad del aire

Es conveniente que la humedad relativa del aire se encuentre entre 70 y 80%, valores superiores sólo favorecerán el desarrollo de enfermedades del follaje (Pérez *et al.*, s/f).

Cuadro 1. Temperaturas críticas y óptimas para el cultivo del tomate

Temperatura de daño por helada	- 2°C
Se detiene el desarrollo de la planta	10 – 12°C
Desarrollo normal de la planta	18 – 25°C
Mayor desarrollo de la planta	21 – 24°C
Germinación óptima	25 – 30°C 20 – 25°C (Moyaben, 1980)
Etapa de Desarrollo:	
Temperatura diurna óptima	23 – 26°C
Temperatura nocturna óptima	13 – 16°C
Etapa de Floración:	
Temperatura diurna óptima	23 – 26°C
Temperatura nocturna óptima	15 – 18°C

Fuente. Monardes, 2009.

2.5 REQUERIMIENTOS DE SUELO

La planta de tomate es poco exigente en cuanto al suelo, se desarrolla tanto en suelos arcillosos como arenosos, sin embargo su comportamiento será mejor en suelos de textura media con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje. Suelos muy arenosos pueden presentar dificultades debido a su escasa capacidad de retención de agua.

El suelo debe tener a lo menos 1 metro de profundidad si es plano; considerando 70 cm para el desarrollo del sistema radical y a lo menos 30 cm para drenaje, ya que el sistema de raíces es superficial, y cerca del 80% de las raíces se encuentran en los primeros 40 cm de suelo (Escaff *et al.*, 2005).

Es importante conocer la salinidad del suelo ya que a pesar que el tomate es una especie tolerante, se han dado a conocer bajos rendimientos con contenidos mayores a 2,5 dS/m, siendo más evidente sobre 4 dS/m donde el rendimiento disminuye a lo menos en un 10% (Escaff *et al.*, 2005).

Suelos con temperaturas entre los 15 y 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante, mientras que el pH puede ser ligeramente ácido hasta ligeramente alcalino, no siendo recomendable un pH mayor de 8,0. El óptimo en tanto se encuentra entre 5,5 y 6,8 (Monardes, 2009. Sierra, 2012).

2.6 REQUERIMIENTO HÍDRICO

Los requerimientos hídricos del cultivo entre siembra a cosecha varían según el estado de desarrollo. Desde el inicio de la etapa de cuajado de fruto los requerimientos hídricos se elevan, esto debido a que la planta continua produciendo hojas y tallos nuevos a la vez que van creciendo los frutos. Este aumento del requerimiento hídrico aumenta hasta el inicio de la maduración, para aquellos cultivares de crecimiento determinado, y se prolonga en el tomate de crecimiento indeterminado hasta que un despunte ponga fin al crecimiento de la planta y a la producción de nuevas flores y frutos (Cuartero *et al.*, 2001).

2.7 ESTABLECIMIENTO

El cultivo del tomate se puede realizar con diferentes técnicas, siembra directa o trasplante, mediante riego por surcos, aspersión o localizado (goteo principalmente), utilizando acolchados de plásticos o suelo desnudo, sobre tierra, cultivos hidropónicos, entutorados o con formación baja, dentro de invernaderos, túnel, malla o al aire libre (Nuez, 2001).

La preparación de suelo se inicia, de ser necesario, con la eliminación o incorporación de los rastrojos del cultivo anterior, con la suficiente anticipación para permitir su descomposición. Es aconsejable una labor profunda y rastrajes dependiendo del tipo de suelo y del cultivo anterior (Escaff *et al.*, 2005). Las labores de preparación

de suelo deben facilitar una buena infiltración del agua, como también una buena aireación, que permita un adecuado desarrollo de raíces en extensión y profundidad. Es necesario además, iniciar con un terreno nivelado (Castilla, 2001).

La densidad de plantación dependerá del desarrollo vegetativo, el cual estará influido principalmente por el cultivar elegido, sus características de crecimiento, sistema de conducción (si lo requiere), manejo y tipo de riego. La posibilidad de mecanización de las labores es también determinante sobre la disposición y densidad de las plantas (Castilla, 2001).

Cuadro 2. Marco de plantación del tomate, distanciamientos más utilizados en Chile

Destino y sistema de manejo del tomate	Distancia entre hilera (EH)	Distancia sobre hilera (SH)	Plantas por metro cuadrado
Tomate para consumo fresco sistema botado	60 – 70 cm	40 cm	3,8
Tomate para consumo fresco sistema alambrado	100 – 120 cm	30 – 40 cm	2,6
Tomate para consumo fresco sistema encolihado	60 – 70 cm	40 cm	3,8
Tomate para consumo fresco bajo invernadero	1,5 m con 2 hileras	33 cm	4,0

Fuente. Alvarado, 2009.

La tecnología avanza hacia el establecimiento de los cultivos hortícolas sobre mesas de cultivos de mayor altura, sobre las cuales se disponen las plantas en una o más hileras sobre la mesa, reemplazándose el riego por surco a un riego por cintas. En general se usan poblaciones de plantas menores, obteniendo una mayor producción por planta (Alvarado, 2009).

Luego de aproximadamente 30 a 35 días después de la siembra de almácigo, la planta con 3 hojas verdaderas y unos 12 cm de altura, se encuentra en condiciones de ser trasplantada al terreno.

Posterior al trasplante, se realiza un riego a fin de conseguir una buena humedad en el entorno del sistema de raíces y un buen contacto del cepellón trasplantado (o de la raíz desnuda, según sistema de almácigo utilizado) con el suelo circundante, que permita un buen desarrollo radical.

Cuadro 3. Antecedentes de establecimiento del cultivo del tomate al aire libre

Sistema de cultivo	Almácigo y trasplante
Fecha de siembra	15 agosto - 30 noviembre
Fecha trasplante	Octubre a diciembre
Distancia de plantación	Entre hilera: 1,5 m Sobre hilera: 0,3 – 0,4 m
Población de plantas /ha	20.000 – 22.000 plantas/ha
Variedades determinadas o semideterminadas (aire libre)	
Estándar:	Cal ACE, ACE 55
Híbridos:	Amely, Athena, Bosca, Impacto, Río Blanco, Argos, Florida 47, Mykonos, Bobcat, Leila, Madelein.
Época de cosecha aproximada	Fines de diciembre hasta abril
Rendimiento esperados	35 - 50 ton/ha

Fuente. González, 2012.

2.8 FERTILIZACIÓN

La fertilización y la cantidad de nutrientes a entregar a la planta es un aspecto muy sensible en el cultivo del tomate. En la actualidad se promueve la técnica de la fertilización racional, donde se le entrega al suelo sólo lo que necesita, lo que implica una mayor eficiencia de uso de fertilizantes, menor contaminación ambiental por excesos de nutrientes, y por lo tanto menor costo de producción. Para desarrollar con eficiencia un sistema de esta clase, es necesario conocer el tipo de suelo y realizar un análisis de nutrientes disponibles antes de trasplantar (Saavedra y Ried, 2003).

Cuadro 4. Tomate: extracción estimada de nutrientes

Elemento	Extracción por unidad de producción
Nitrógeno (N)	2,1 y 3,8 kg de N por tonelada de cosecha
Fósforo (P)	0,3 y 0,7 kg de P por tonelada de cosecha
Potasio (K)	4,4 y 7,0 kg de K por tonelada de cosecha
Calcio (Ca)	1,2 y 3,2 kg de Ca por tonelada de cosecha
Magnesio (Mg)	0,3 y 1,1 kg de Mg por tonelada de cosecha

Fuente. Diversos autores. Citado por Castilla, 2001

Luego, conociendo la reserva que hay en el suelo, se aplica sólo la diferencia para hacer una fertilización racional (Saavedra y Ried, 2003).

Por otro lado, en el cálculo de la demanda de los nutrientes juega un papel relevante la estimación realista y adecuada del rendimiento alcanzable. Por ejemplo, para facilitar el cálculo de la demanda de nitrógeno y fósforo en función del producto cosechado, se establecieron factores de demanda. En el caso del tomate el factor de demanda de nitrógeno es de 0,21 kg de N por cada 100 kg de producto cosechado y el de fósforo es de 0,025 kg de P por cada 100 kg de tomate cosechado (Alvarado, 2009).

Si bien el análisis de suelo es la mejor herramienta desarrollada hasta el momento para decidir la cantidad de fertilizante a aplicar, dosis referenciales de fertilización para el cultivo del tomate son señaladas por González (2012).

Cuadro 5. Dosis referenciales de fertilización en el cultivo de tomate al aire libre

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Dosis total	150 – 180 kg/ha de N	120 kg/ha P_2O_5	100 – 150 kg/ha de K_2O
Época aplicación	20% en plantación 40% a inicio de floración 40% a inicio de fructificación	Pre plantación	Pre plantación
Forma de aplicación	Incorporado en pre plantación al surco después de plantación.	Incorporado	Incorporado en rastraje
Fuente	Salitre sódico, Urea.	Superfosfato triple	Muriato de potasio

Fuente. González, 2012

2.9 MANEJO DE LAS MALEZAS

A continuación se exponen diferentes estrategias de control de malezas:

- I) Control cultural
- II) Control mecánico
- III) Control químico

La elección del método o combinación de éstos dependerá de factores como malezas presentes, condición ambiental, tipo de suelo, topografía, costos u otros.

I) El control cultural considera prácticas de preparación de suelo, elección del lugar de establecimiento del cultivo y evitar, dentro de lo posible, campos con alta incidencia de malezas de difícil control, tales como las especies perennes, parásitas o de la familia de las solanáceas. Considerar rotación de cultivos, en general es deseable una rotación larga de 4-5 años y muy diversificada. No es conveniente establecer rotación con otros cultivos de solanáceas como pimiento o papa.

II) El control mecánico comprende la limpieza manual y el empleo de herramientas de tipo manual, animal o mecánico.

III) el control químico, el cual consiste en aplicaciones de herbicidas sin causar daño al cultivo (Ormeño, 2005).

El uso de metribuzina como herbicida selectivo de postemergencia, es considerada una buena alternativa de control sobre malezas de hoja ancha ya emergidas en el cultivo del tomate, esto según Ormeño (2005) y Pérez *et al.* (s/f). Aplicar entre 15 – 20 días después del trasplante, después de aplicados los nutrientes, y con plantas bien arraigadas y malezas hasta dos hojas verdaderas (Bastías y Kehr, 2016. González, 2012).

2.10 RIEGO

El riego en el cultivo del tomate juega un rol fundamental en la determinación de los rendimientos y la calidad de los frutos. Un adecuado suministro hídrico implica que las cantidades proporcionadas, deben estar de acuerdo a las necesidades reales del cultivo de manera de obtener un adecuado desarrollo vegetativo y reproductivo, permitiendo a la planta soportar mejor las inclemencias del medio ambiente debido al vigor (Inia Ururi, s/f).

El método de riego más utilizado en el cultivo del tomate al aire libre corresponde al riego por surco. Una vez realizado los riegos de establecimiento, la frecuencia de riego disminuye (cada 10 días) hasta que aparece el primer racimo, posteriormente se va aumentando paulatinamente hasta llegar a regar cada 5 – 7 días (González, 2012).

Existen también alternativas de riego por goteo o cintas. El riego por goteo ha tomado bastante auge como alternativa para cultivos hortícolas debido a su eficiencia de aplicación (Pérez *et al.*, s/f). Además, debido a la creciente escasez del recurso hídrico, resalta el interés de optimizar su empleo en riegos más adecuados y eficientes, con la finalidad de obtener las máximas producciones. Ejemplo de esto es el sistema de fertirrigación, de interés no solo económico sino medio-ambiental (Inia Ururi, s/f).

2.11 ENFERMEDADES

A continuación se describen las enfermedades con mayor presencia en el cultivo del tomate al aire libre:

Tizón temprano (*Alternaria solani*)

El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por la alternancia de lluvias y sol, la temperatura óptima en tanto, para el desarrollo de la enfermedad se encuentra entre los 26 a 28°C. El hongo afecta principalmente a hojas, tallos y frutos. Las plantas susceptibles al ataque del hongo son aquellas con mal manejo de fertilización, con una alta carga de frutos o con problemas de salinidad en el suelo. Los síntomas característicos se observan en hojas, con lesiones color café que crecen en círculos concéntricos. El ataque se inicia en las hojas inferiores, y cuando estos llegan a hacer severos se puede producir defoliación de las plantas.

Medidas de manejo incluyen el uso de semilla certificada, eliminación de malezas hospederas y plantas enfermas, fertilización adecuada para el cultivo, tratamiento a la semilla (uso de desinfectante) y tratamiento al follaje con aplicaciones de fungicida (Bruna, 2001).



Figura 3. Síntoma de tizón temprano causado por el hongo *Alternaria solani*
Fuente: semillasvalle.com

Moho negro o pudrición negra (*Alternaria alternata*)

El hongo afecta principalmente al fruto, su ingreso ocurre por lesiones y a través de la cutícula del fruto. Los daños son mayores después de lluvias importantes. El hongo causa además lesiones irregulares de color café en hojas que termina

secándolas, especialmente en la parte basal. Los frutos en tanto, son afectados tanto en el cultivo como en poscosecha, la pudrición es seca, de color café negruzco pudiendo penetrar de manera profunda.

Se recomienda realizar un control preventivo basado en medidas culturales y químicas: uso de cultivares resistentes y semilla desinfectada, mantener una fertilización y régimen hídrico adecuado, y tratamiento con fungicida al follaje cuando aparezcan los síntomas (Bruna, 2001).



Figura 4. Tomate afectado por *Alternaria alternata*
Fuente: extensión.umn.edu

Cancro del tallo (*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*)

El hongo ataca especialmente a plantas que han sufrido estrés a nivel de sus raíces, particularmente en las semanas que siguen al establecimiento. Se desarrolla en forma óptima con temperaturas entre 15 y 26°C. En almácigo se produce damping-off o caída de almácigos en plantas jóvenes (hasta 20 días después del trasplante) afectando la parte basal de los tallos, zona en la que se produce un cancro húmedo, de color pardo en la periferia. La planta se marchita y muere rápidamente. En el fruto se observan manchas con círculos concéntricos de color pardo. El hongo puede permanecer en el suelo por largos períodos de tiempo.

El control incluye el uso de sustrato desinfectado en almaciguera, evitar el trasplante en suelos demasiado fríos, eliminar plantas enfermas y frutos afectados. Realizar inmersión de raíces con fungicida en el momento del trasplante (Bruna, 2001).



Figura 5. Síntomas de cancro del tallo en planta de tomate y en fruto
Fuente: www.inra.fr

Marchitez o Fusarium (*Fusarium oxysporum*)

Los síntomas de la enfermedad se inician con una clorosis de las hojas inferiores, las que posteriormente se marchitan y mueren. Al efectuar un corte longitudinal del tallo, se aprecia una coloración parda rojiza en el xilema, la que avanza en sentido ascendente desde la raíz al tallo y a los pecíolos de las hojas. El hongo sobrevive indefinidamente en el suelo; se le encuentra también en restos de cultivo y en las semillas.

Los métodos de control incluyen el uso de variedades resistentes, la eliminación de plantas muertas, en plantas infectadas un aporcado favorecería la emisión de raíces nuevas que puedan suplir las raíces antiguas necrosadas. Tratamiento químico dirigido a la planta es considerada poco eficaz, como así también la desinfección del suelo ya que no se alcanzan las profundidades en las que el hongo puede estar presente (Bruna *et al.*, 2005).



Figura 6. Síntoma en tallo de planta de tomate causado por *Fusarium oxysporum*
Fuente: www.inra.fr

Enfermedades virales

El cultivo del tomate se ha visto afectado por enfermedades causadas por virus que disminuyen la producción y afectan el cultivo en diferentes estados de desarrollo. Este tipo de enfermedad se caracteriza por síntomas de disminución del tamaño de la planta (enanismo), hojas enrolladas, frutos deformados, anomalía del crecimiento, follaje clorótico y mosaico que se caracteriza por la alternancia de color verde natural con el desarrollo de áreas cloróticas o verde claro en hojas o frutos (Sepúlveda *et al.*, 2011).

Al no existir medidas de control curativo para las enfermedades de origen viral, la lucha contra estos agentes patógenos se ha basado en medidas preventivas y principalmente en evitar que el patógeno entre en contacto con la planta, esto se puede lograr utilizando prácticas de manejo cultural como:

- Utilización de plantas libres de virus al momento del trasplante, lo que se logra con producción de almácigos bajo malla antiáfidos
- Eliminación de plantas y rastrojos enfermos, teniendo el cuidado de evitar el contacto con plantas adyacentes
- Control preventivo de insectos vectores (Sepúlveda *et al.*, 2011)

2.12 PLAGAS

Polilla del tomate (*Tuta absoluta*)

La polilla del tomate es considerada la principal plaga del tomate en el país, ataca principalmente plantas de la familia de las solanáceas, como tomate, papa, tabaco, berenjena y especies silvestres de igual familia. El daño característico ocurre en hojas, con el consumo total del mesófilo dejando la hoja transparente y en su interior es posible observar la larva. En frutos, el daño se produce por penetración de la larva por la zona del cáliz, donde finalmente hacen galerías. Con ataques muy severos se puede observar daño en flores y en ápices de plantas en almacigueras o recién trasplantadas (Escaff et al., 2005).

El manejo preventivo incluye la revisión de almacigueras y el retiro de todo material de desecho del cultivo. El control químico en tanto, considera aplicación de productos con acción insecticida permitidos para el control de la plaga (Bruna, 2001).



Figura 7. Estado adulto, larva y pupa de *Tuta absoluta*

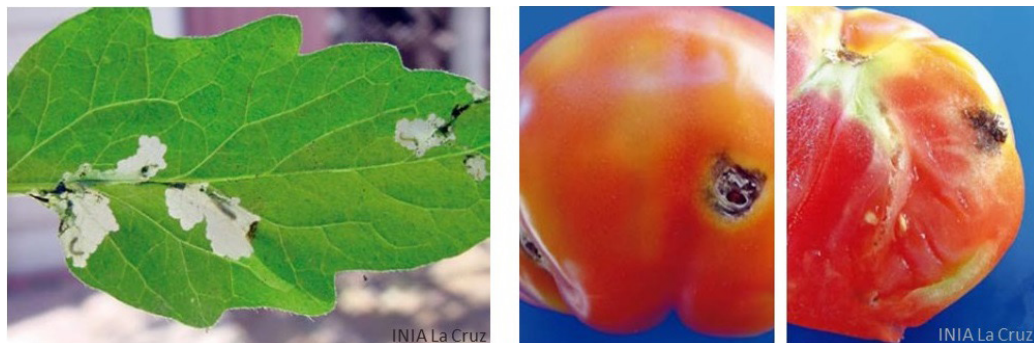


Figura 8. Daño causado por larva de *Tuta absoluta*

Eriófido del tomate (*Aculops lycopersici*)

El ácaro, agente causal, ataca principalmente al tomate al aire libre. También puede atacar al tomate en invernadero, independiente del estado fenológico de la planta. La defoliación es el principal daño de esta plaga, dejando los frutos expuestos a quemaduras de sol. Otro daño en frutos es presencia de ruset y grietas a partir del cáliz. Los eriófidos en tomate se presentan generalmente desde comienzos de verano, con temperaturas altas y baja humedad relativa.

Su control debe ser curativo, es decir, al observar síntomas de bronceado en las hojas y una vez confirmado el agente causal se procede a aplicación de

producto autorizado para el control de eriófido en tomate (Inia, 2017). Realizar monitoreo en hojas apicales de la planta con lupa 14x de aumento (Bruna, 2001).



Figura 9. Daño en hojas de tomate causado por *Aculops lycopersici*

Trips de California (*Frankliniella occidentalis*)

El daño ocasionado es producido por la alimentación de larvas y adultos en el tejido vegetal, lo que ocasiona manchas plateadas que luego se tornan necróticas. También provocan daño al poner los huevos, que generan puntos similares a costras pequeñas en el fruto cuando la población supera los cinco ejemplares por hoja. El insecto es además vector del virus del bronceado del tomate.

El manejo preventivo considera mantener el cultivo y alrededores libre de malezas. El control químico en tanto, sólo se recomienda si la población supera los 20 individuos por planta al principio del cultivo y los 150 ejemplares en pleno desarrollo (Bruna, 2001).



Figura 10. *Frankliniella occidentalis*

Pulgones (*Myzus persicae*)

Los pulgones causan daño directo por la succión de savia, que indirectamente fomenta la presencia de fumagina, lo que afecta la presentación de los frutos. Como daño secundario se considera la transmisión de virus.

El control biológico incluye el uso de chinillas o biopreparados repelentes en forma

preventiva. El control químico en tanto, considera tratamiento con aficidas que ingresan en la savia de la cual se alimentan los insectos (Bruna, 2001. Vázquez et al., 2012).



Figura 11. *Myzus persicae*

Gusano del fruto (*Heliothis zea*)

De hábito crepuscular a nocturno. La hembra ovipone en forma individual en las hojas, especialmente en hojas próximas a la inflorescencia con más flores. Al eclosionar la larva, esta penetra al fruto, prefiriendo frutos verdes.

Dentro del manejo, se considera muy eficiente el uso de *Trichogramma* como controlador biológico. Y el uso de aficidas como tratamiento químico, reforzado además con insecticidas que controlen huevos y larvas de este insecto (Bruna, 2001).

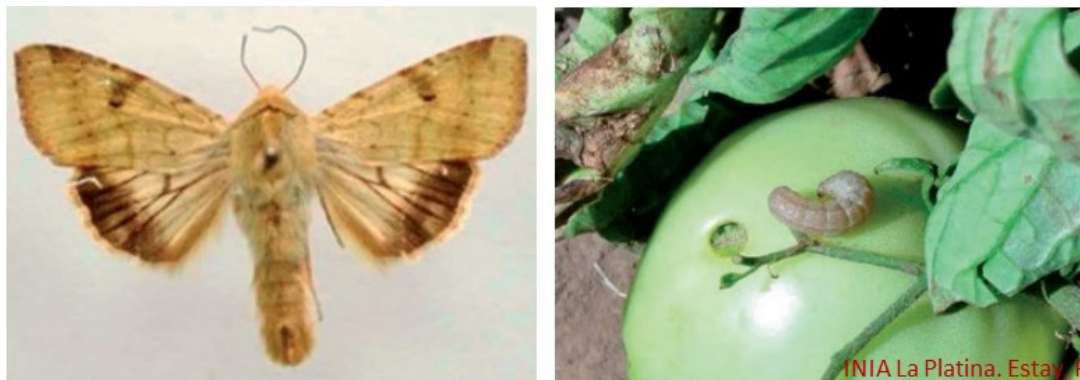


Figura 12. *Heliothis zea* en estado adulto y larva, causado daño en fruto

2.13 FISIOPATÍAS

Pudrición apical

Como su nombre lo indica, corresponde a una pudrición que se manifiesta en el extremo distal o pistilar del fruto, donde aparecen zonas circulares de color blanquecino que más tarde se necrosan y adquieren una coloración oscura. La pudrición se puede manifestar tempranamente en estado verde con fruto pequeño. La causa se atribuye por carencia de calcio en el extremo pistilar del fruto. Esta deficiencia de calcio normalmente es inducida por diferentes causas: efecto varietal, exceso de potasio, sodio, nitrógeno, por efecto de desbalance nutricional, efecto climático de alta temperatura. El manejo preventivo incluye

evitar estrés hídrico y realizar aplicaciones de calcio al follaje para corregir esta deficiencia (Sierra, 2012. Vázquez *et al.*, 2012).



Figura 13. Pudrición apical en tomate

Golpe de sol

Afecta la superficie del fruto desde el desarrollo hasta la madurez, provocando un daño en la piel que se manifiesta con la pérdida de color y posterior muerte del tejido. El manejo preventivo considera estimular la fase vegetativa del cultivo para que la planta desarrolle una apropiada arquitectura de tallos y hojas que favorezca la protección de la fruta hasta la cosecha (Vázquez *et al.*, 2012).



Figura 14. Daño por golpe de sol en tomate

2.14 COSECHA

La calidad del fruto está principalmente relacionada con su olor, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte. La recolección del fruto se efectúa en distintos grados de maduración según el mercado a que se destina, condiciones de transporte y temperatura (Castilla, 2001).

La cosecha de tomate industrial se realiza cuando al menos un 90% de los frutos han alcanzado el color rojo y corresponde a la extracción de frutos firmes y maduros completándose la maduración en la planta, mientras que para el

mercado de consumo fresco, el tomate se cosecha en su etapa verde maduro o pintón, a fin de reducir las pérdidas por cantidad y calidad, ocasionadas por un transporte deficiente y manejo inadecuado. La recolección debe ser efectuada cuando se está libre de humedad procedente del rocío o de la lluvia. Se recomienda cosechar en horas frescas y mantener los tomates en lugares sombreados (Vásquez *et al.*, 2012. Pérez *et al.*, s/f).

La cosecha se puede realizar de forma manual o mecanizada, esta última es mayormente utilizada en países desarrollados, para cosecha de tomates destinados al procesamiento industrial.

En la recolección manual se desprende el fruto del resto del racimo, mediante fractura del pedúnculo o torsión, de forma que el fruto quede libre de éste, también se puede utilizar tijeras para cosecha de variedades con textura poco resistente. En variedades industriales la presencia de parte del pedúnculo es indeseable por lo que se prefieren cultivares que se separan fácilmente por la zona peduncular (Chamorro, 2001. Pérez *et al.*, s/f).

El rendimiento promedio nacional de tomate para consumo fresco cultivado al aire libre es de 40 ton/ha. Sin embargo, un rendimiento normal debería superar las 55 – 60 ton/ha y uno bueno debería ser sobre las 80 ton/ha.

Para tomate bajo invernadero, un rendimiento normal debería ser de 100 ton/ha y un rendimiento bueno debería esperar las 120 ton/ha.

En lo referente a tomate industrial, los agricultores están obteniendo normalmente 80 ton/ha. Buenos rendimientos deberían estar por sobre las 100 ton/ha (Monardes, 2009).



3. Aspectos económicos

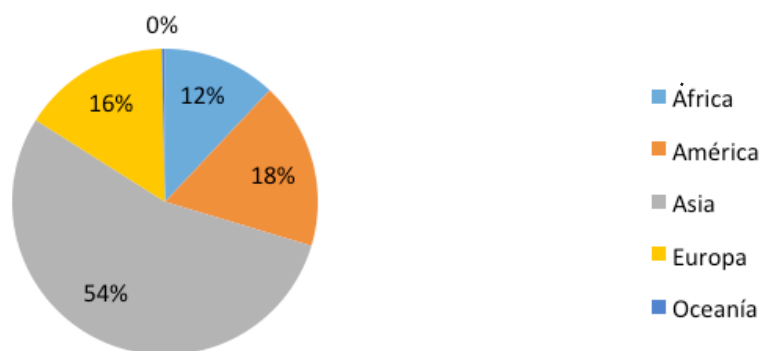
3.1 SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN MUNDIAL

Producción mundial

El tomate es la hortaliza más cultivada a nivel mundial, alcanzando 4,7 millones de hectáreas y una producción de 164 millones de toneladas en el año 2013. En la última década se ha caracterizado por tener un alza gradual de la superficie y producción, con un 11 y 28%, respectivamente, lo que muestra un avance en lo que respecta a los rendimientos (Odepa, 2015).

Las mayores producciones de tomate se encuentran en el continente asiático, representando un 54% del total de la producción mundial, lo que equivale aproximadamente a 1.131.294.137 toneladas, acumuladas desde el año 2000 al 2014.

**Producción mundial de tomates
(2000 - 2014)**



*Figura 15. Producción mundial de tomates
Fuente: Elaboración propia con datos de FAO.*

Principales productores mundiales del cultivo

China concentra un 19,9% de la superficie cosechada a nivel mundial, seguida por India y Nigeria con un 17,6 y 10,8% respectivamente.

Chile en tanto, se encuentra muy por debajo de los países que son señalados en el Cuadro 6, alcanzando la posición 41 con un porcentaje de superficie cosechada del 0,3%.

Cuadro 6. Superficie cosechada y participación de los países productores respecto de la producción mundial, año 2014

Localidad	Área cosechada (ha)	Participación (%)
China	1.001.711	19,9
India	882.030	17,6
Nigeria	541.800	10,8
Turquía	319.109	6,4
Egipto	214.016	4,3
EEUU	163.380	3,3
Irán	159.132	3,2
Federación de Rusia	118.421	2,4
Italia	103.171	2,1
México	95.207	1,9

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de FAOSTAT.

Participación mundial del cultivo

China produce en promedio alrededor de 52,7 millones de toneladas de tomates al año, lo que representa cerca del 30,9% del total de la producción mundial, siendo entonces el mayor productor a nivel mundial y actor relevante a la hora de establecer los precios internacionales. India, en tanto, representa un 11% del total producido siendo otro de los principales países productores.

Participación mundial del cultivo del tomate, año 2014
Superficie - Producción

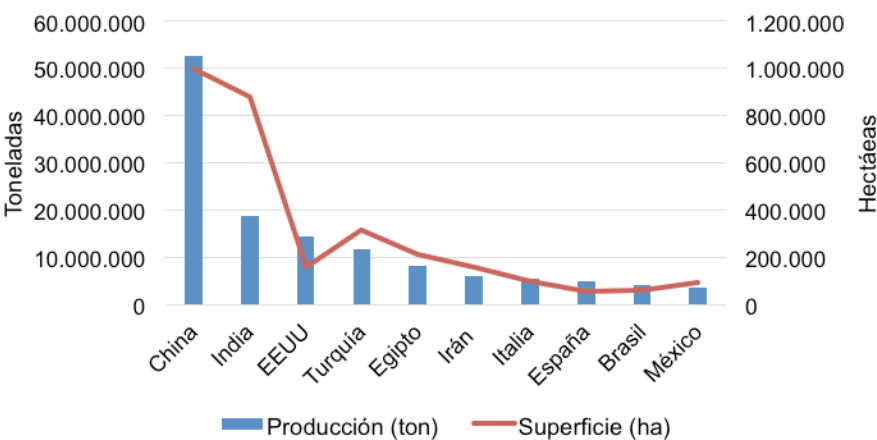


Figura 16. Participación mundial del cultivo del tomate
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de FAOSTAT

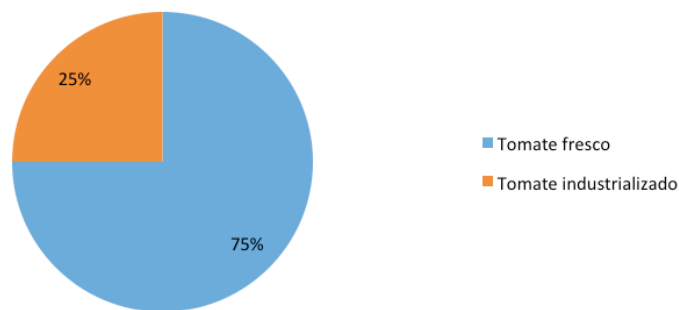
3.2 COMERCIO INTERNACIONAL

Formas de comercialización

Anualmente, se producen más de 150 millones de toneladas de **tomate** en el mundo, de las cuales el 25% se destinan a la industria. De esta fracción, más del 70% se deriva a la elaboración de pasta de **tomate**, al tiempo que el resto se utiliza en conservas, jugo de **tomate**, salsas y deshidratados.

Estados Unidos es el principal productor de tomates para la industria, con un 35% de la producción mundial, seguido por China e Italia, con un 13 y 12%, respectivamente. A nivel sudamericano Brasil y Chile se ubican en séptimo y décimo lugar respectivamente.

**Comercialización del tomate a nivel mundial
Año 2013**

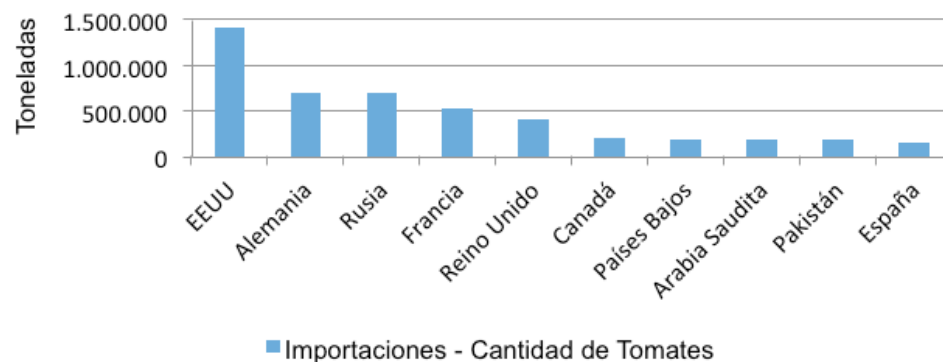


*Figura 17. Comercialización del tomate a nivel mundial
Fuente: Elaboración propia con datos del portal frutícola junio, 2013.*

Principales importadores de tomate

Dentro de los principales importadores de tomate a nivel mundial se encuentra Estados Unidos, quien en los últimos 10 años ha importado 1.416.670 toneladas en promedio, seguida por Alemania con 706.041 toneladas en el mismo periodo de tiempo.

**Principales países importadores de tomate
Promedio 2007 - 2016**



*Figura 18. Países importadores de tomate
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del TradeMap*

Principales exportadores de tomate

México ocupa el primer lugar como principal exportador de tomates, exportando 1.411.120 toneladas promedio entre los años 2007-2016, en segundo lugar está Países Bajos con exportaciones de 1.023.064 toneladas promedio exportadas en el mismo periodo de tiempo.



Figura 19. Países exportadores de tomate
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del TradeMap.

Importación y exportación nacional de tomate

En la Figura 20 se observan la comercialización de tomate a nivel nacional durante los años 2007 al 2016.

Para el caso de las importaciones, es a partir del año 2013 hasta el 2016 que existe un aumento constante de estas. Si en el año 2014 a Chile llegaron 641 toneladas de tomate, en el 2016 esta cifra aumentó a 1.171 toneladas, lo que en porcentaje equivale a un aumento cercano al 83%.

Por otro lado, las exportaciones han presentado una tendencia a la baja. En el año 2014 Chile exportó 139 toneladas, para luego en el año 2016 llegar a 25 toneladas exportadas, lo que significa una disminución de 114 toneladas.



Figura 20. Importaciones de tomate a nivel nacional
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de TradeMap.

3.3 SUPERFICIE Y PLANTACIÓN EN CHILE

En Chile, el tomate para consumo fresco es el tercer cultivo hortícola con mayor superficie, después del choclo y la lechuga, de acuerdo a las estimaciones del INE¹ para el año 2012. La superficie durante el año 2012 aumentó en un 11% respecto al año 2011, alcanzando 5.463 hectáreas. El 66% de la superficie nacional con tomate para consumo fresco se concentra entre las regiones de Valparaíso y Maule.

Superficie del cultivo del tomate por región

La mayor parte de la superficie de tomate se encuentra en la zona centro sur del país, en las regiones de O'Higgins, Valparaíso, Metropolitana y Maule.

En la Figura 21 se observa la variación de la superficie de tomate por región entre los años 2015 y 2016. Al respecto, sólo las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Maule presentaron un incremento de la superficie cultivada en relación a las demás regiones, lo que equivale en porcentaje a un aumento del 6,4; 5,5 y 4,4% respectivamente.

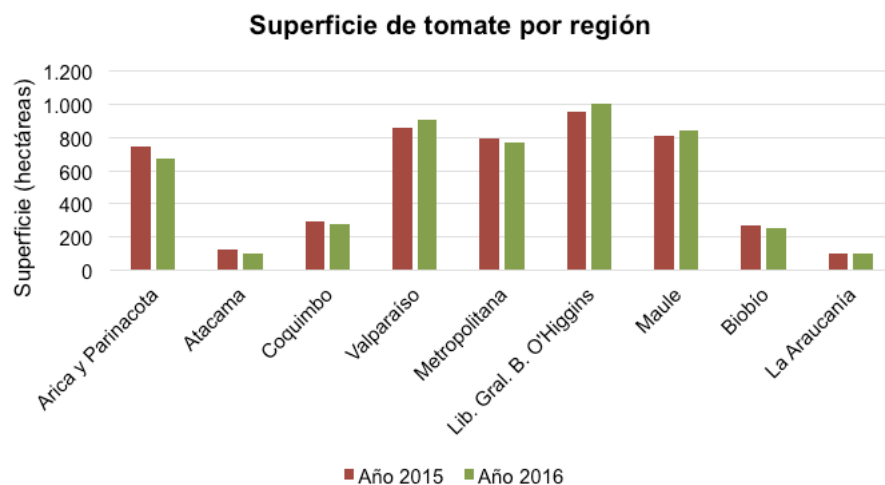


Figura 21. Superficie del cultivo de tomate en Chile
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Odepa.

3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se ha elaborado una estimación del resultado económico para el cultivo del tomate en la Región del Biobío. La estimación considera los costos de establecimiento de 1 hectárea, con un horizonte de evaluación de 1 año, un rendimiento promedio de 42.000 kg/ha.

La estructura de costos considera las labores (análisis de suelo, arado, rastraje, etc.), el costo de la mano de obra relacionado con la aplicación de pesticidas, riego, cosecha, etc. Finalmente, el costo de los insumos como fertilizantes, herbicidas y fitosanitarios.

¹ Instituto Nacional de Estadísticas

Cuadro 7. Costos directos de producción del tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Labores	325.000
Mano de obra	2.034.000
Planta y cajones	1.625.000
Fertilizantes	374.000
Fungicida	54.000
Herbicida	24.000
Insecticida	65.500
Imprevistos (5%)	225.075
Total costos directos	4.726.575

Para el cálculo de los ingresos, se decidió trabajar con un precio promedio de mercado de 0,484 US\$ por kilo de tomate y un tipo de cambio de \$620/US\$.

Mediante los ingresos y los costos de producción del tomate, el resultado de la evaluación económica se refleja en un aumento de riqueza para quien realice la inversión de casi 8 millones (\$7.873.425) por hectárea y un margen neto de un 63% en relación a las ventas.

Estos resultados estarían indicando que el cultivo de tomate es rentable para la Región del Biobío, ya que los valores indican una rentabilidad alta para el cultivo.

Cuadro 8. Indicadores de evaluación económica para una hectárea de tomate

Indicadores	
Ingresos	\$ 12.600.000
Costo directo	\$ 4.726.575
Margen neto	\$ 7.873.425
Margen neto (%)	62,5%

El análisis de sensibilidad se basa en indicar cuánto es el impacto de variables críticas (o cambiantes) en la generación de recursos del proyecto, siendo el tipo de cambio y el precio de venta las que tienen mayor cantidad de riesgo e impacto en el proyecto. Se consideró un cambio en un 10 y 20% en el precio (al alza o baja) y un 5 y 10% en el tipo de cambio (al alza o baja) para ver el comportamiento del margen neto. Resulta interesante destacar, ante una caída de un 10% en el precio del kilo del tomate y una baja en el 10% del tipo de cambio, el cultivo genera un margen positivo.

Cuadro 9. Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)

Precio de mercado							
Tipo de cambio		-20%	-10%	Promedio	10%	20%	
	-10%	4.458.825	5.479.425	6.613.425	7.747.425	8.994.825	-10%
	-5%	4.969.125	6.046.425	7.243.425	8.440.425	9.757.125	-5%
	Promedio	5.479.425	6.613.425	7.873.425	9.133.425	10.519.425	Promedio
	5%	5.989.725	7.180.425	8.503.425	9.826.425	11.281.725	5%
	10%	6.500.025	7.747.425	9.133.425	10.519.425	12.044.025	10%

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO CON CAMBIO CLIMÁTICO

A continuación, se presentan los resultados del análisis de factibilidad económica del tomate para la Región del Biobío.

Frente a un clima algo más adverso, donde se prevén aumento de temperatura, como también una menor disponibilidad hídrica, entre otras manifestaciones, se consideró para el estudio económico con cambio climático, establecer un sistema de riego tecnificado, debido a su mayor eficiencia en el uso del agua.

Para dicho análisis se tomará como base los costos directos de producción utilizados anteriormente (Cuadro 7), con la incorporación de los costos asociados a la instalación y uso de riego por goteo, lo que trae un aumento en la inversión inicial del cultivo de \$ 2.250.000 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Costos de establecimiento de riego por goteo en huerto de tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Instalación riego goteo	2.250.000
Total costos establecimiento	2.250.000

Cuadro 11. Costos directos de producción del tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Labores	325.000
Mano de obra	2.034.000
Planta y cajones	1.625.000
Fertilizantes	374.000
Herbicida	24.000
Insecticida	65.500
Fungicida	54.000
Imprevistos (5%)	225.075
Total costos directos	4.726.575

Para la valoración económica se consideró un rendimiento de 42.000 kg/ha, siendo éste el rendimiento promedio declarado por los agricultores entrevistados.

Para la proyección del flujo de caja a 5 años se tomaron como parámetros: un rendimiento promedio de 42.000 kg/ha; un tipo de cambio de \$620 y un precio de

venta por kilo de US\$ 0,484. El aumento de riqueza que genera la plantación de una hectárea para quien realiza la inversión equivale a \$25.524.558, calculado a partir del Valor Actual Neto (VAN), con una tasa de descuento de 12%. El proyecto de tomate presenta una rentabilidad máxima de 348,6%, representado por la Tasa Interna de Retorno (TIR).

De forma complementaria a la evaluación económica, se realizó un análisis de sensibilidad para ver el comportamiento del VAN cuando el tipo de cambio tiene una caída o un alza de un 5 y 10% y, con el precio de mercado del tomate cuando éste presenta un alza o una caída de un 10 y 20%.

El análisis de sensibilidad se basa en indicar cuánto es el impacto de variables críticas (o cambiantes) en la generación de recursos del proyecto, siendo el tipo de cambio y el precio del kilo del tomate las que tienen mayor cantidad de riesgo e impacto en el proyecto.

El Cuadro 12 representa el VAN para diferentes combinaciones de precios y tipos de cambio.

Cuadro 12. Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)

Precio de mercado							
Tipo de cambio		-20%	-10%	Promedio	10%	20%	
	-10%	12.806.907	16.894.724	20.982.540	25.070.356	29.158.172	-10%
	-5%	14.623.715	18.938.632	23.253.549	27.568.466	31.883.383	-5%
	Promedio	16.440.522	20.982.540	25.524.558	30.066.576	34.608.594	Promedio
	5%	18.257.329	23.026.448	27.795.567	32.564.686	37.333.805	5%
	10%	20.074.136	25.070.356	30.066.576	35.062.796	40.059.016	10%

Análisis con rendimiento de 50.000 kg/ha

Si bien los precios son un elemento importante a la hora de evaluar los proyectos, los rendimientos también son otro factor relevante a la hora de tomar decisiones, es por esto que se considerarán dos escenarios donde los rendimientos son distintos a los entregados por los agricultores, con el fin de observar el impacto que tendrá el proyecto en cada uno de los casos.

Para dicho análisis se tomarán como base los costos utilizados anteriormente (con cambio climático), modificando los costos relacionados a la cosecha del cultivo en el ítem “mano de obra” y “plantas y cajones”, esto debido al alza en la producción (Cuadro 14).

Cuadro 13. Costos de establecimiento de riego por goteo en huerto de tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Instalación riego goteo	2.250.000
Total costos establecimiento	2.250.000

Cuadro 14. Costos directos de producción del tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Labores	325.000
Mano de obra	2.354.000
Planta y cajones	1.750.000
Fertilizantes	374.000
Herbicida	24.000
Insecticida	65.500
Fungicida	54.000
Imprevistos (5%)	247.325
Total costos directos	5.193.825

Para la valoración económica se consideró un rendimiento de 50.000 kg/ha, aumentando el rendimiento del cultivo a raíz del cambio climático.

Para la proyección del flujo de caja a 5 años se tomaron como parámetros: un rendimiento promedio de 50.000 kg/ha; un tipo de cambio de \$620 y un precio de venta de US\$ 0,484. El aumento de riqueza que genera la plantación de una hectárea para quien realiza la inversión equivale a \$32.470.199, calculado a partir del Valor Actual Neto (VAN), con una tasa de descuento de 12%. El proyecto de tomate presenta una rentabilidad máxima de 434,8%, representado por la Tasa Interna de Retorno (TIR).

De forma complementaria a la evaluación económica, se realizó un análisis de sensibilidad para ver el comportamiento del VAN cuando el tipo de cambio tiene una caída o un alza de un 5 y 10% y, con el precio de mercado del tomate cuando éste presenta un alza o una caída de un 10 y 20%.

El análisis de sensibilidad se basa en indicar cuánto es el impacto de variables críticas (o cambiantes) en la generación de recursos del proyecto, siendo el tipo de cambio y el precio del kilo del tomate las que tienen mayor cantidad de riesgo e impacto en el proyecto.

El Cuadro 15 representa el VAN para diferentes combinaciones de precios y tipos de cambio.

Cuadro 15. Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)

		Precio de mercado					
Tipo de cambio		-20%	-10%	Promedio	10%	20%	
	-10%	17.330.139	22.196.587	27.063.035	31.929.482	36.795.930	-10%
	-5%	19.493.004	24.629.811	29.766.617	34.903.423	40.040.229	-5%
	Promedio	21.655.870	27.063.035	32.470.199	37.877.363	43.284.527	Promedio
	5%	23.818.736	29.496.258	35.173.781	40.851.303	46.528.826	5%
	10%	25.981.602	31.929.482	37.877.363	43.825.244	49.773.125	10%

Análisis con rendimiento mínimo

A continuación, se analizará el rendimiento mínimo que debe tener un huerto de tomate para que el VAN del proyecto sea 0 y el Índice de Rentabilidad (IR) sea igual a 1, ósea cuando no existe pérdida ni ganancia al realizar el proyecto.

Para este caso los costos directos en los que deberá incurrir el agricultor son los que se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 16. Costos de establecimiento de riego por goteo en huerto de tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Instalación riego goteo	2.250.000
Total costos establecimiento	2.250.000

Cuadro 17. Costos directos de producción del tomate

Ítem	Costos (\$)/ha (pesos chilenos)
Labores	325.000
Mano de obra	893.661
Planta y cajones	1.375.000
Fertilizantes	374.000
Herbicida	24.000
Insecticida	65.500
Fungicida	54.000
Imprevistos (5%)	155.558
Total costos directos	3.266.719

Para la valoración económica se consideró un rendimiento de 13.492 kg/ha, siendo esta cantidad la mínima que debe producir el cultivo del tomate para no obtener ni pérdidas ni ganancias en el proyecto.

Para la proyección del flujo de caja a 5 años se tomaron como parámetros: un rendimiento promedio de 13.492 kg/ha; un tipo de cambio de \$620 y un precio de venta de US\$ 0,484/kg. El aumento de riqueza que genera la plantación de una hectárea para quien realiza la inversión equivale a \$0, calculado a partir del Valor Actual Neto (VAN).

De forma complementaria a la evaluación económica, se realizó un análisis de sensibilidad para ver el comportamiento del VAN cuando el tipo de cambio tiene una caída o un alza de un 5 y 10% y, con el precio de mercado del tomate cuando éste presenta un alza o una caída de un 10 y 20%.

El análisis de sensibilidad se basa en indicar cuánto es el impacto de variables críticas (o cambiantes) en la generación de recursos del proyecto, siendo el tipo de cambio y el precio del kilo del tomate las que tienen mayor cantidad de riesgo e impacto en el proyecto.

El Cuadro 18 representa el VAN para diferentes combinaciones de precios y tipos de cambio. Se aprecia que ante cualquier baja, ya sea en el tipo de cambio o

en el precio, trae consigo una pérdida al realizar el proyecto, y por otra parte, un alza en el tipo de cambio o en el precio del tomate traería consigo ganancias para quien ejecuta el proyecto.

Cuadro 18. Análisis de sensibilidad del tomate (1 ha)

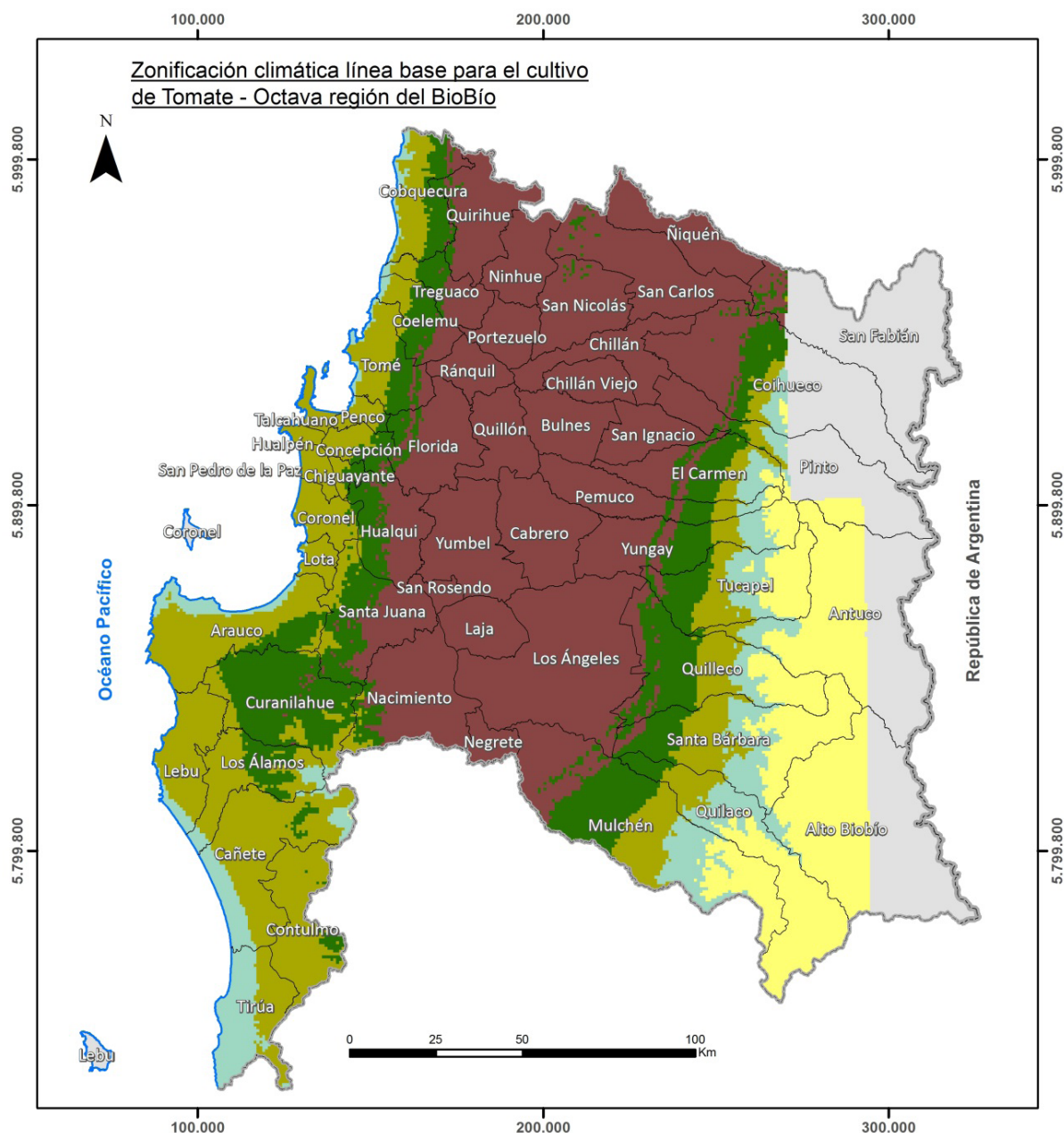
Precio de mercado							
Tipo de cambio		-20%	-10%	Promedio	10%	20%	
	-10%	-4.638.845	-2.893.596	-1.459.019	-145.902	1.167.215	-10%
	-5%	-3.860.925	-2.137.180	-729.509	656.559	2.042.627	-5%
	Promedio	-3.083.004	-1.459.019	0	1.459.019	2.918.038	Promedio
	5%	-2.378.242	-802.460	729.509	2.261.479	3.793.449	5%
	10%	-1.755.241	-145.902	1.459.019	3.063.940	4.668.861	10%



4. Mapas de aptitud productiva

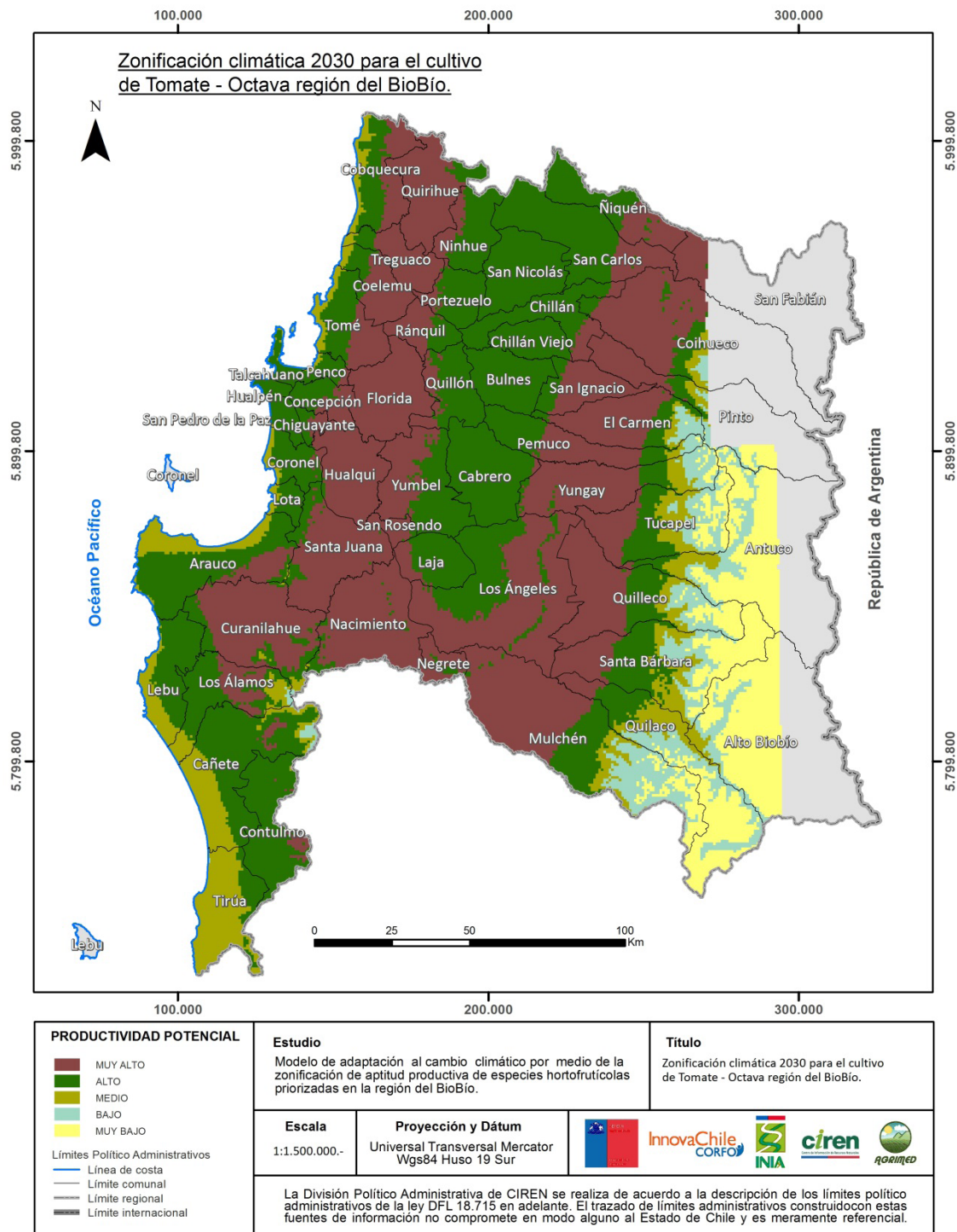
A continuación se presentan los mapas de aptitud productiva por clima (condición actual y futura), por suelo, por clima (condición actual y futura) y suelo conjuntamente, para tomate.

1. Mapa de aptitud productiva por clima, condición actual

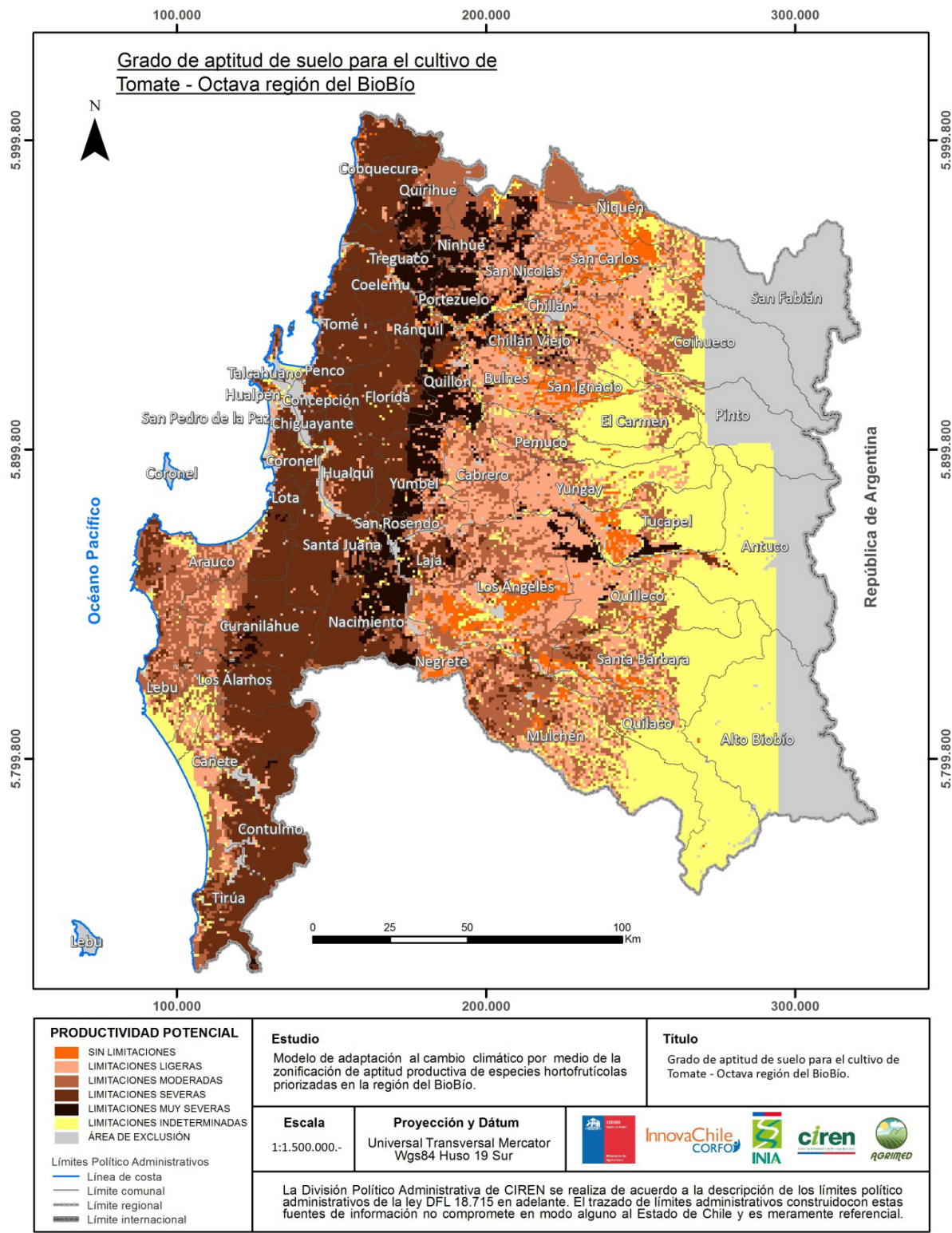


PRODUCTIVIDAD POTENCIAL MUY ALTO ALTO MEDIO BAJO MUY BAJO Límites Político Administrativos Línea de costa Límite comunal Límite regional Límite internacional	Estudio Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas prioritizadas en la región del BioBio.		Título Zonificación climática línea base para el cultivo de Tomate - Octava región del BioBio.	
	Escala 1:1.500.000.-	Proyección y Dátum Universal Transversal Mercator Wgs84 Huso 19 Sur		InnovaChile CORFO INIA ciren Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Acuáticos AGRIMED
	La División Político Administrativa de CIREN se realiza de acuerdo a la descripción de los límites político administrativos de la ley DFL 18.715 en adelante. El trazado de límites administrativos construido con estas fuentes de información no compromete en modo alguno al Estado de Chile y es meramente referencial.			

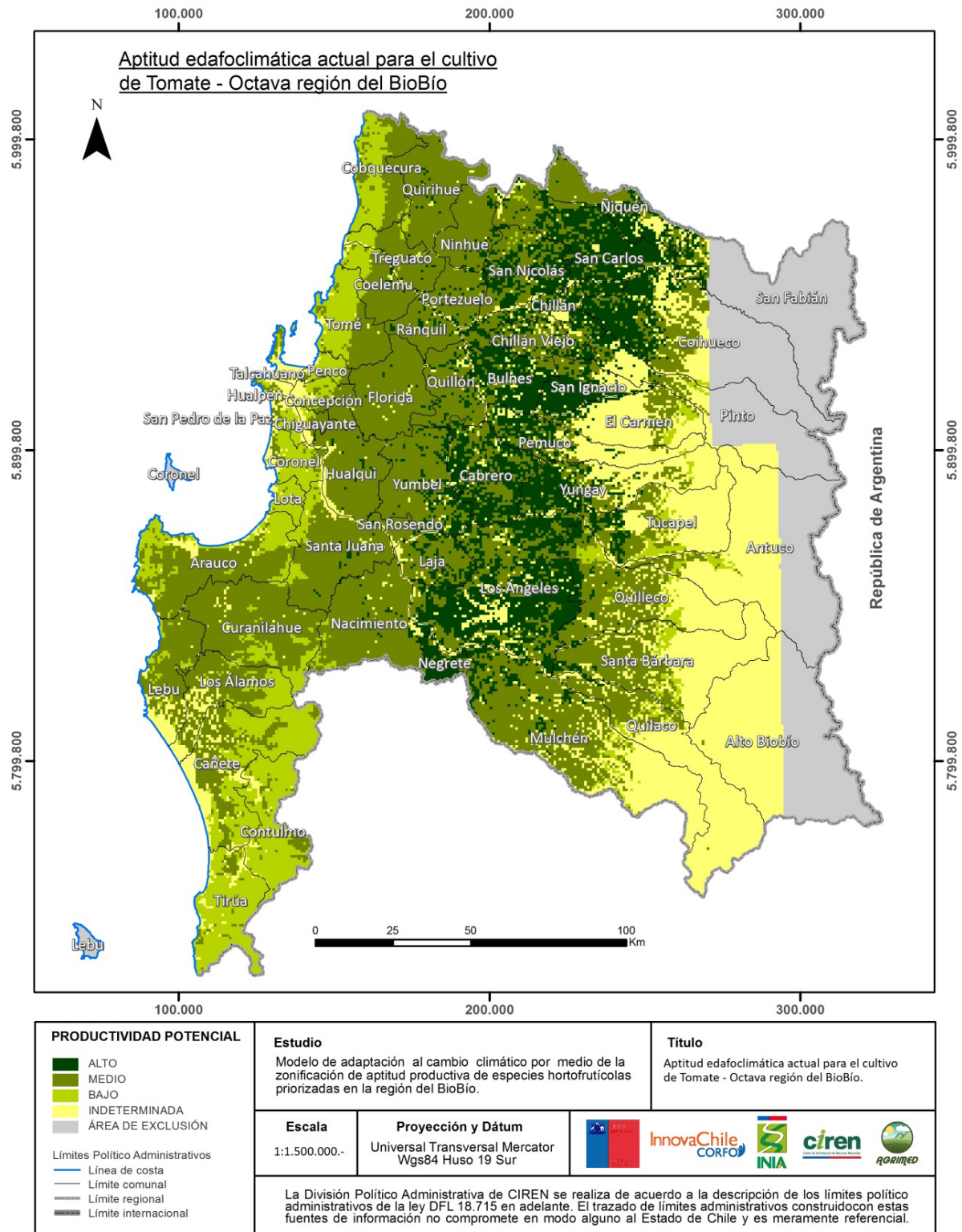
2. Mapa de aptitud productiva por clima, condición futura (2030)



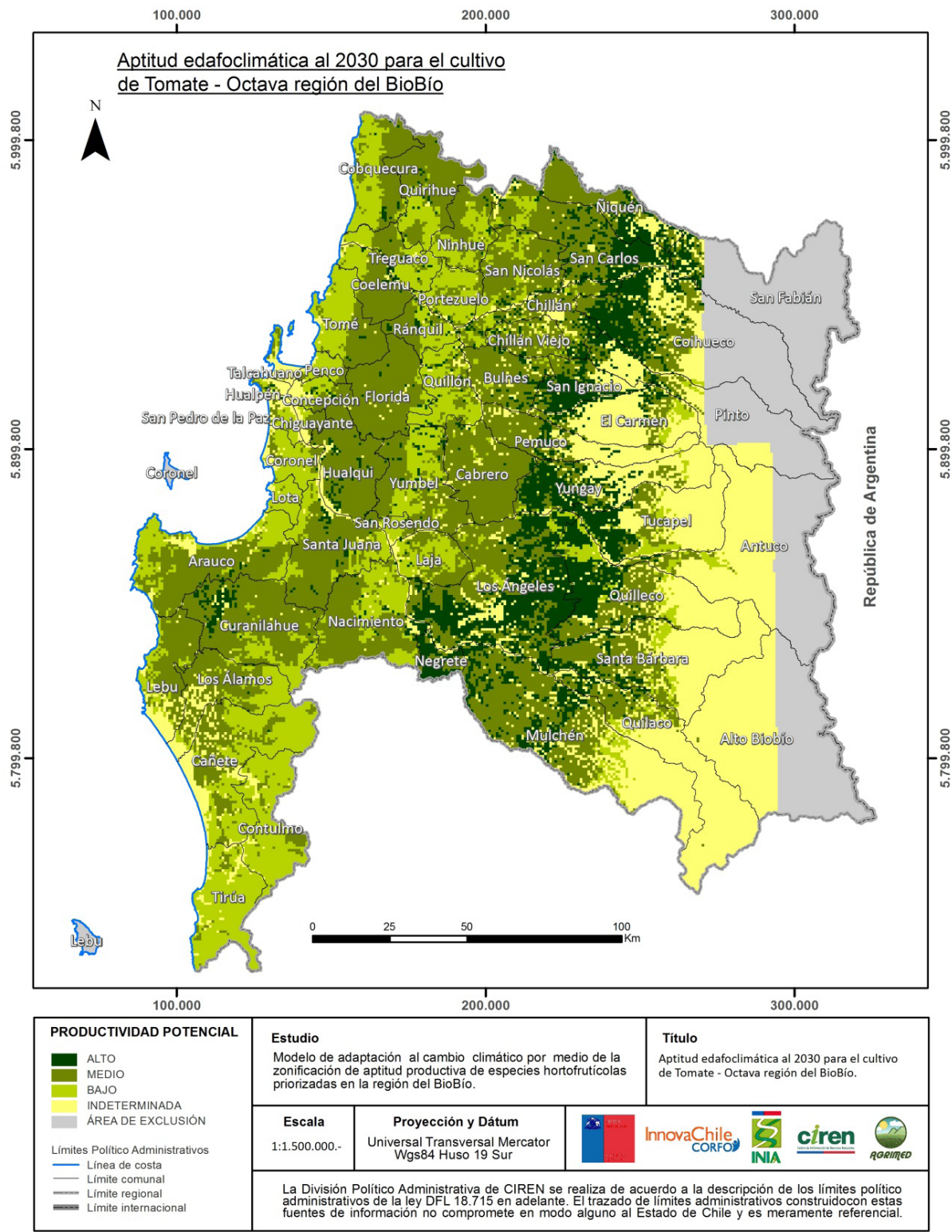
3. Mapa de aptitud productiva por suelo



4. Mapa de aptitud por suelo-clima, condición actual



5. Mapa de aptitud por suelo-clima, condición futura (2030)





5. Recomendaciones productivas

El cambio climático se está convirtiendo en un desafío de importancia para los productores agrícolas, debido a que en el mediano plazo tendrán que acostumbrarse a un nuevo panorama, que en muchos casos será diametralmente opuesto al que acostumbran, algo más adverso e inestable.

Al respecto, diversos estudios señalan que con su llegada aumentará el promedio de las temperaturas y de acumulación de grados días durante el verano; disminuirán las horas frío en invierno; y se incrementará la ocurrencia de otros eventos inusuales como los periodos cálidos en invierno y la ocurrencia de lluvias tardías en primavera.

El efecto de un aumento térmico tiene muchos aspectos a considerar. Por una parte, este no necesariamente se producirá durante todo el ciclo del cultivo. De hecho, se espera que los mayores aumentos ocurran en los meses de primavera-verano. Por lo tanto, la ocurrencia de olas de calor en esos meses podría ser crítica para los cultivos, dependiendo de su estado de desarrollo. Además de los efectos sobre la producción, un aumento térmico puede influir sobre la calidad del producto final, por ejemplo, aumentaría la incidencia de algunas enfermedades y plagas, los insectos al crecer en un ambiente más cálido, tendrán ciclos de vida más corto.

Si bien es imposible predecir si en una temporada determinada se manifestarán aumentos térmicos, y más aún precisar el estado de desarrollo en el cual se encuentre el cultivo, existen medidas de adaptación y/o mitigación que se deben considerar en el futuro, como son la modificación en las fechas de siembra, o la utilización de variedades menos susceptibles al aumento de temperaturas. Una modificación en el cambio de fecha de establecimiento del cultivo implica poder optimizar su productividad, permitiendo que el cultivo explore las mejores condiciones ambientales y, cuando las condiciones desfavorables son inevitables, minimizar la coincidencia de estas con los estadios de desarrollo más vulnerables del cultivo.

Además del aumento de las temperaturas, el cambio climático trae consigo una variación en el régimen de las precipitaciones, lo que en conjunto, causarán un incremento de los requerimientos hídricos de los cultivos. Por ello es importante desarrollar un adecuado manejo agronómico de las hortalizas para hacer frente a la escasez hídrica y lograr un uso más eficiente del recurso. De forma paulatina ocurrirá un desplazamiento del sistema de riego por surco, siendo necesario utilizar alternativas como por ejemplo el riego por cintas o goteo. Por otro lado, el uso de acolchados o mulch, ya sean plásticos u orgánicos, ayudan a disminuir la evaporación del agua del suelo, mejoran la temperatura del mismo y favorecen el crecimiento de las raíces.

Sin duda, la agricultura deberá adaptarse a los nuevos escenarios climáticos mediante cambios que permitan atenuar los impactos desfavorables de un clima algo más adverso e inestable. Dentro de un plan de adaptación deberán incluirse mejoramientos en la gestión del riego, sistemas para la prevención y regulación de temperaturas altas, control integrado de plagas, mejores sistemas de monitoreo y alerta climática, desarrollo de nuevas variedades mejor adaptadas a las nuevas condiciones climáticas, control de ocasionales eventos como el viento y granizos, mecanismos de reducción del estrés, posibles relocalizaciones de especies y variedades, cambio de sistema de manejo de suelo, entre otros. De cualquier forma, las estrategias de adaptación dependerán de la localidad y la especie principalmente.

En la zonificación climática al año 2030 para el cultivo del tomate, se observan algunos cambios en las variables climáticas que podrían afectar los potenciales productivos, en distintas zonas de la Región del Biobío. Dichas zonas son el secano interior, valle central, litoral, precordillera y cordillera, en algunas comunas de la región, lo que se describe a continuación.

Para la zona del valle central se muestran distintos factores limitantes para la producción del tomate, donde se encuentra un elevado número de días con temperatura sobre 30°C, para las comunas de Cabrero, Florida, Laja, Los Ángeles, Nacimiento, Negrete, Pemuco, Quirihue, San Fabián, San Rosendo, Santa Juana y Yumbel. Déficit hídrico y número total de heladas para las comunas de Chillán, Ñiquén, Pinto y San Ignacio. Sólo déficit hídrico, para las comunas de Ninhue, San Carlos, San Nicolás, Portezuelo, Coihueco, Ránquil, Chillán Viejo, Bulnes y Quillón. Número total de heladas y un elevado número de días con temperaturas sobre 30°C para las comunas de Alto Biobío, Antuco, El Carmen, Mulchén, Quilaco, Quilleco, Santa Bárbara, Tucapel y Yungay. Y, por último, días grado para el valle central de la comuna de Hualqui.

Para la zona de Secano interior, los factores limitantes a la productividad son los días grado y el déficit hídrico, principalmente en las comunas de Arauco, Cañete, Cobquecura, Coelemu, Contulmo, Santa Juana, Nacimiento, Trehuaco, Chiguayante, Concepción, Coronel, Lebu, Los Álamos, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Talcahuano, Tirúa y Tome. Y sólo, déficit hídrico para las comunas de Talcahuano, Tomé y Penco.

Para la zona de litoral, por su parte, se presentan como limitantes la cantidad de suma térmica o días grados y déficit hídrico, principalmente para las comunas de Trehuaco, San Pedro de la Paz, Cañete, Coelemu, Lebu, Arauco, Cobquecura, Coronel, Los Álamos, Lota, Tirúa y Tome. Sólo déficit hídrico para las comunas de Penco, Talcahuano y Hualpén.

Para la zona de precordillera, se presentan como limitantes altas temperaturas para las comunas de El Carmen, Pinto y San Ignacio; sumado a esta limitante el número total de heladas para las comunas de Pemuco, Tucapel, Yungay, Alto Biobío, Quilaco y Mulchén. Y, por último, Días grado para las comunas de San Fabián, Coihueco, Antuco, Quilleco y Santa Bárbara.

Y, por último, en la zona de cordillera, se presentan como limitantes a la producción, el número total de heladas y la suma térmica para las comunas de Alto Biobío, Antuco, Coihueco, Mulchén, Pemuco, Pinto, Quilaco, Quilleco, San Fabián, Santa Juana, Tucapel y Yungay.



6. Bibliografía

Alvarado, P. 2009. Variedades de tomate. Preparación del terreno. En: Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martín, A. 2009. Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Nodo Hortícola VI Región. Innova Chile Corfo, Universidad de Chile.

Bastías, M., Kehr, E. 2016. Tomate. Ficha técnico económica. Boletín N° 330. Proyecto plan predial. Inia Carillanca. Temuco, Chile

Bruna, A. 2001. Manejo integrado de enfermedades de tomate al aire libre. En: Estay, P. Primer Curso "Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Tomate". Acta Instituto de Investigaciones Agropecuarias N° 12. Inia La Platina. Santiago, Chile.

Castilla, N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: Nuez, F. El Cultivo el Tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

Chamorro, J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. En: Nuez, F. El Cultivo el Tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

Cuartero, J., Fernández, R., González, J. 2001. Estréses Abióticos. En: Nuez, F. El Cultivo el Tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

Escaff, M., Gil, P., Ferreyra, R., Estay, P., Bruna, A., Maldonado, P., y Barrera, C. 2005. Cultivo del Tomate bajo invernadero. Boletín Inia N° 128. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Inia La Cruz. La Cruz, Chile.

González, M.I. 1994. Producción de tomates en invernadero. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA). Inia Quilamapu N° 60. Chillán, Chile.

González, M.I. 2012. Nuevas fichas hortícolas. 3ª Edición actualizada. Boletín Inia

Nº246. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Inia Quilamapu. Chillán, Chile.

Inia Ururi, s/f. Riego y Fertilización para el cultivo de tomate injertado en el valle de Azapa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ficha Nº5. Inia Ururi. Arica, Chile.

Inia. 2017. Eriófido del tomate (*Aculops lycopersici*). Disponible en: <http://www.inia.cl/sanidadvegetal/2016/11/07/eriofido-del-tomate-aculops-lycopersici/> Leído el 16 de mayo del 2017.

Monardes, H. 2009. Características botánicas. Requerimientos de clima y suelo. En: Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martín, A. Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Nodo Hortícola VI Región. Innova Chile Corfo, Universidad de Chile.

Moyaben, R.G. 1980. Germination and emergence of citrus and tomato seeds in relation to temperature. J. Hort. Sci. Hort. 20:341.348.

Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. 793 p.

Odepa, 2003. Mercado del tomate fresco. Disponible en: <http://www.odepa.cl/articulo/mercado-del-tomate-fresco-4/> Leído el 20 de julio del 2017.

Odepa, 2015. EL mercado del tomate para consumo fresco. pp: 1-6. Santiago, Chile.

Odepa. 2017. Estadísticas Productivas. Disponible en: <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas/> Leído el 20 de junio de 2017.

Ormeño, J. 2005. Control químico de malezas en tomate. Seminario Internacional "Producción de Tomate para Procesamiento". Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Inia La Platina. Santiago, Chile.

Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., Larín, M. Guía técnica cultivo del tomate. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal. El Salvador.

Saavedra, G., Ried, A. 2003. Producción moderna de tomate industrial. pp: 16-17. Revista Tierra Adentro Nº 52.

Sepúlveda, P., Rojas, C., Rosales, C., y Sepúlveda, G. 2011. Manejo de enfermedades virales transmitidas por insectos en tomates en la región de Arica y Parinacota. En: Sepúlveda, R. (ed). 2011. Virus transmitidos por insectos vectores en tomate en la Región de Arica y Parinacota: situación actual y manejo. Boletín Inia Nº 224. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Inia Ururi. Arica, Chile.

Sierra, C. 2012. Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. Boletín Inia Nº 271. Instituto

de Investigaciones Agropecuarias. Inia Intihuasi. La Serena, Chile.

SQM, 2017. Tomate. Disponible en: <http://www.sqm.com/es-es/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/cultivos/tomate.aspx#tabs-4> Leído el 20 de junio del 2017.

Vásquez, C., Céspedes, C., Paillán, H., Vargas, S. 2012. Manejo orgánico de cultivos hortícolas. pp: 80-110. En: Céspedes, C. Producción Hortofrutícola Orgánica. Boletín Inia N°232. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Inia Quilamapu. Chillán, Chile.

CIREN

Av. Manuel Montt #1164,
Providencia, Santiago

Teléfono (56) 2 2200 8900

WWW.CIREN.CL



Proyecto apoyado por

