

UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



ADELANTOS EN EL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.).

Memoria para optar al

Título de Ingeniera Agrónoma

Alumna:

Pamela Vanessa Paxi Maita.

Profesor Guía:

Juan Francisco Trevisan Rispoli

**ARICA – CHILE
AÑO 2019**

UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



ADELANTOS EN EL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.).

Memoria para optar al

Título de Ingeniera Agrónoma

Alumna:

Pamela Vanessa Paxi Maita.

Profesor Guía:

Juan Francisco Trevisan Rispoli

ARICA – CHILE
AÑO 2019

INDICE

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I: Aspecto Económico	8
1.1. Origen y reseña en su expansión por el mundo.	8
1.2. Importancia económica del cultivo del tomate.	9
1.2.1. Producción Mundial del tomate.....	9
1.2.2. Situación Nacional del cultivo del tomate.....	13
1.2.3. Situación Regional del cultivo del tomate.	16
CAPITULO II: Generalidades del cultivo.	19
2.1.- La planta: Descripción botánica	19
2.1.1 Semilla.	19
2.1.2. Sistema radical.	19
2.1.3. Tallo.	20
2.1.4. Flor.....	20
2.1.5. Hojas.....	21
2.1.6. Fruto	21
2.2.- Biología de la reproducción.	22
2.3.- Fenología.	23
2.3.1. Germinación	23
2.3.2. Desarrollo vegetativo.	23
2.3.3. Floración	24
2.3.4. Cuajado de fruto.	26
2.3.5. Desarrollo del fruto.....	27
2.3.6. Madurez fisiológica y cosecha.	28
2.4.- Clasificación del cultivo del tomate.	29
2.4.1. Variedades determinadas e indeterminadas.....	29
CAPITULO III: Manejo agronómico del cultivo.....	32
3.1.- Valle de Azapa.	32
3.2.- Condiciones agroecológicas del cultivo.....	32
3.2.1. Requerimientos climáticos.	32

3.2.2. Requerimientos de suelo.	37
3.2.3. Requerimientos nutricionales.....	40
3.2.4. Requerimiento hídrico.....	44
3.3.- Sistemas de cultivo.	47
3.4.- Variedades de tomate.	50
3.4.1. Naomi.	50
3.4.2. Suzana.....	51
3.4.3. Yola.....	51
3.4.4. Michaela	52
3.4.5. Maxifort.	52
3.4.6. Emperador.	52
3.4.7. Armstrong	52
3.5.- Establecimiento del cultivo.	53
3.5.1. Preparación del terreno.	53
3.5.2. Producción de almácigos en ambientes protegidos.....	55
3.5.3. Confección de Camellones.....	62
3.5.4. Acolchado o mulch.....	63
3.5.5. Desinfección del suelo.	63
3.5.6. Marco de plantación y transplante.	66
3.5.7. Nutrición y fertilización del tomate.	68
3.5.8. Riego del cultivo de tomate.....	71
3.5.9. Colocación de postes o tutorado.	78
3.5.10. Conducción y poda de la planta.....	78
3.5.11. Raleo de frutos.	83
3.5.12. Control de malezas.	83
3.5.13. Polinización del tomate.	85
Capitulo IV: Enfermedades del cultivo del tomate.....	87
4.1. Enfermedades fungosas.....	87
4.2. Enfermedades bacterianas.....	90
4.3. Enfermedades virales.....	92
4.4. Principales plagas.	93

4.4.1. Mosquita blanca de los invernaderos. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood).....	93
4.4.2. Polilla del tomate. <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	94
4.4.3. Mosca minadora de las chacras. <i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard).	95
4.4.4. Nematodos.	97
Capítulo V: Cosecha y Postcosecha.....	99
5.1. Cosecha.	99
5.2. Postcosecha.....	102
5.3. Empaque	104
5.4. Comercialización.	104
BIBLIOGRAFÍA.....	109

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Taxonomía del cultivo.....	9
Figura 2. Estacionalidad de los tomates para consumo fresco en Chile (2011).	16
Figura 3. Sección longitudinal de la semilla del tomate.	19
Figura 4. Aparato radical pivotante desarrollado a partir de una semilla y sistema de raíces fasciculadas de una planta repicada.....	20
Figura 5. Representación esquemática de la flor y fruto de tomate.	21
Figura 6. Representación esquemática de diferentes formas del tomate.	22
Figura 7. Estado de desarrollo del cultivo del tomate.	29
Figura 8. Comparación de una planta con crecimiento indeterminado (izquierda) y otra con crecimiento determinado (derecha). Las indeterminadas presentadas presentan dominancia apical.....	31
Figura 9. Influencia del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes.....	40
Figura 10. Marco de plantación de tomate con los distanciamientos y poblaciones de plantas más utilizados en Chile.....	67
Figura 11. Interacción de la disolución de fertirriego.....	75

Figura 12. Esquema de sistemas de conducción con 1, 2, 3 y 4 ejes.....80

Figura 13. Eliminación de brotes laterales o tallos secundarios.....81

Figura 14. Deshoje basal. 82

Figura 15. Deshoje lateral, eliminación de 1 o 2 hojas intermedias. 82

Figura 16. Hoja de tomate afectada por oídio. 90

Figura 17. Grados de madures del tomate, según su color. 101

INDICE DE GRAFICO

Grafico 1. Producción mundial de tomate año 2017* 10

Grafico 2. Participación mundial del cultivo del tomate, año 2017*. Superficie-
Producción.....12

Grafico 3. Evolución de superficie sembrada o plantada de tomate a nivel
nacional para los años 2007* a 2018.....14

Grafico 4. Estimación de superficie plantada o sembrada de tomate por
región para año 2018.....15

Grafico 5. Precio promedio del tomate en mercados mayoristas.....108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie cosechada y participación de los países productores de
tomate de la producción mundial año 2017* 11

Tabla 2. Resumen sobre la producción de tomate a nivel mundial por país
año 2017* 12

Tabla 3. Estimación de superficie sembrada o plantada de hortalizas en la
región de Arica y Parinacota. Año 2007 y 2010 a 2018¹.....17

Tabla 4. Producción estimada de tomate para el consumo fresco año 2011.....18

Tabla 5. Valores orientativos de la composición del fruto de tomate maduro. 28

Tabla 6.Evolución de la temperatura (°C) máxima media y mínima media,
Arica año 1971 y 2008. 33

Tabla 7. Temperaturas críticas y óptimas para el cultivo del tomate.	34
Tabla 8. Requerimientos climáticos del cultivo del tomate.	35
Tabla 9. Capacidad de uso de los suelos del Valle de Azapa.	38
Tabla 10. Características químicas de suelo y agua de riego en un sector del Valle de Azapa.	39
Tabla 11. Aspectos generales del suelo para tomate.	40
Tabla 12. Demanda Nutricional del tomate bajo malla antiáfido.	43
Tabla 13. Calidad del agua de riego en el Valle de Azapa.	45
Tabla 14. Límite máximo de elementos químicos, expresados en mg/L.	45
Tabla 15. Producción media (kgm-2), eficiencia en el uso del agua (kg producido m-3 agua aportado) y emisión de iones al medio ambiente (g emitidos por kg producido-1) según cultivo de tomate y sistema de cultivo de tomate.	50
Tabla 16. Cronología de eventos en la técnica de injertación de empalme o en tubo, con materiales sembrados en alveolo de 23 cc (adaptado por Oda, 1999).	61
Tabla 17. Fertilizantes utilizados con mayor frecuencia por los agricultores del valle de Azapa.	70
Tabla 18. Tomate. Extracción estimada de nutrientes.	71
Tabla 19. Prácticas culturales para minimizar la competencia de las malezas.	84
Tabla 20. Periodo y estructuras de monitoreo de las principales plagas presentes en el cultivo del tomate bajo invernadero.	97
Tabla 21. Grados de madurez de la fruta de tomate.	101
Tabla 22. Ventajas y requisitos de supermercados.	106
Tabla 23. Ventajas y requisitos de ferias mayoristas.	107

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de solanaceas clasificado como una hortaliza de gran diversidad y ampliamente cultivado.

Esta hortaliza es la más consumidas en el mundo. En 2016, se cultivaron 177 millones de toneladas de tomates en todo el planeta, lo que significó que la producción fue casi un 30% mayor que diez años antes. Aproximadamente, se han plantado 5 millones de hectáreas de tomates en todo el mundo y, de media, se cosechan 3,7 kilos de tomates por metro cuadrado. A nivel mundial, el tomate se considera la hortaliza más importante, ocupando el primer lugar tanto en superficie como en volumen de producción (Chilealimentos, 2018).

A nivel nacional, el tomate ha tenido en los últimos años un desarrollo tecnológico importante (esto debido al desarrollo de portainjertos). El cultivo del tomate para consumo fresco, según INE el año 2017, fue de 5.269 hectáreas (4.936 ha el 2016), con un aumento de un 6,8%, La rentabilidad de este cultivo ha permitido su avance, a diferencia de otros cultivos hortícolas que se han ido quedando atrás. El tomate para consumo fresco es el tercer cultivo hortícola con mayor superficie, después del choclo y la lechuga.

La región de Arica y Parinacota presenta condiciones climáticas excepcionales para el cultivo de hortalizas durante todo el año, siendo el principal proveedor de hortalizas para el país durante el invierno (Saavedra y Tapia, 2009), llegando incluso a ser el principal abastecedor en épocas de donde la mayoría de las regiones del país no cuentan con este producto. En el Valle de Azapa hay una producción continua de tomate de contraestación durante todo el año y que han permitido históricamente abastecer al mercado nacional durante el periodo invernal. Según INE 2007, el tomate para consumo fresco alcanzo un 34% de la superficie hortícola cultivada y fue de 886,91 ha, aproximadamente, para el año 2017. Es el mercado de la zona central el que presenta mayores atractivos para los productores ariqueños, donde las hortalizas fuera de estación obtienen altos precios y donde, además, se concentra el grueso de la población del país (ODEPA, 2004).

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).

CAPITULO I: Aspecto Económico

1.1. Origen y reseña en su expansión por el mundo.

El tomate, desconocido en el Viejo Mundo hasta el siglo XVI y todavía poco consumido en el siglo XIX, se ha convertido en la gran hortaliza del siglo XX, tanto en cultivo comercial como en los huertos familiares. Es apreciado por su frescura y constituye la base o la guarnición de todo tipo de platos, tanto crudo como cocido.

Debido a su nivel de consumo relativamente alto, el tomate interviene en gran parte en el aporte de vitaminas y sales minerales en la alimentación (Blancard et al., 2011).

Originario de Sudamérica en las zonas andinas de Perú, Bolivia, Ecuador y en el norte de Chile (Nuez, 1995), la que se distribuyó por todo el continente a través de sucesivas migraciones. Probablemente desde estas zonas fue llevado a Centroamérica y donde en México fue domesticado. Su introducción en España e Italia después, y de ahí a otros países europeos, se remonta a la primera mitad del siglo XVI. En origen, fue cultivado por los aztecas; su nombre proviene de “*tomatl*” que, en la lengua nahuatl hablada en la región de México, corresponde a *Physalis philadelphica*; el tomate propiamente dicho, *Solanum Lycopersicum*, era denominado “*jitomatl*”.

La primera cita del tomate en el Viejo Mundo es la del botánico italiano Pietro Andreas Matthioli en 1.544. Éste lo presenta como una especie que lleva “frutos aplanados y con forma de canutillo, que de verde pasan a un color amarillo oro”. El nombre italiano “*pomodoro*” parece confirmar que las primeras introducciones de tomates, al menos las que llegaron a Italia, producían frutos amarillos.

Los botánicos modificaron varias veces los nombres de género y especie atribuidos al tomate. En los libros algo antiguos, se pueden encontrar las denominaciones *Solanum esculentum*, *S. lycopersicon*, *Lycopersicon lycopersicum*... El nombre finalmente conservado hasta muy recientemente *Lycopersicon esculentum* Mill., le ha sido atribuido por Philip Miller en 1754. El nombre de género “*Lycopersicon*” es greco-latino y significa “melocotón de lobo”.

El nombre de especie “esculentum” viene del latín y quiere decir “comestible”. Esta comestibilidad no se refiere al follaje ni a los jóvenes frutos verdes, pues contienen alcaloides tóxicos (tomatina, solanina). Estos desaparecen de los frutos durante su desarrollo (Blancard et al., 2011).

Figura 1. Taxonomía del cultivo.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>lycopersicum</i>

Fuente: Semillaria 2015.

1.2. Importancia económica del cultivo del tomate.

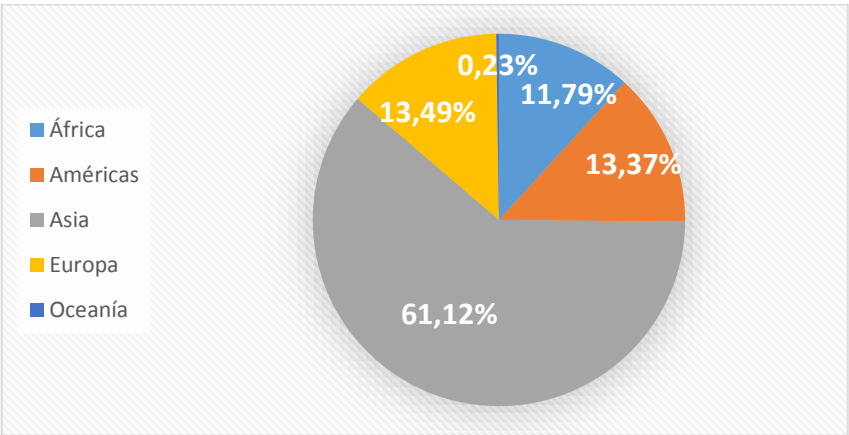
El tomate es la hortaliza más importante en numerosos países y su popularidad aumenta constantemente. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie (Monardes, 2009). Es cultivado en muchas zonas, con amplia variabilidad de condiciones de clima y suelo, aunque se cultiva principalmente en climas secos, tanto para producción en estado fresco como para uso agroindustrial.

1.2.1. Producción mundial del tomate.

Los tomates están en la lista de las hortalizas más consumidas del mundo, siendo esta la hortaliza más cultivada e importante en el mundo. Según las estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el 2017, se cultivaron 182 millones de toneladas de tomates en todo el planeta, lo que significó que la producción fue casi un 30% mayor que diez años antes. Aproximadamente, se han plantado 5 millones de hectáreas de tomates en todo el mundo, siendo el consumo fresco e industria los dos principales destinos de producción, donde la media, se cosechan 3,7 kilos de tomates por metro cuadrado.

Las mayores producciones de tomate se encuentran en Asia representando un 61,12% del total de la producción mundial que aproximadamente seria de un 111.424.985 de toneladas. Europa es el segundo continente con mayor producción con un 13,49% de producción mundial con 24.601.360 de toneladas le sigue América con un 13% con 24.367.079 de toneladas; y en menor porcentaje África y Oceanía con un 11,79% y 0,23% de la producción mundial con 21.486.541 y 421.430 respectivamente (Grafico 1).

Grafico 1. Producción mundial de tomate año 2017*



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de FAOSTAD.
*Incluye tomate de consumo fresco e industrial.

Los principales países productores a nivel mundial se destacan China y la India. Aunque en la India el rendimiento es bajo, por debajo de los 2,5 kilos por metro cuadrado.

China concentra un 21,3% de la superficie cosechada a nivel mundial, seguida por la India y Nigeria con un 16,4% y 12,2% respectivamente. Otros países que participan, pero con un porcentaje inferior del 3,9 son: Turquía, Egipto, Irán, EEUU, Rusia, Camerún, Italia y México entre otras. Chile en tanto se encuentra muy por debajo de los países ya señalados alcanzando una posición 36 con un porcentaje de superficie cosechada de un 0,3%.

Tabla 1. Superficie cosechada y participación de los países productores de tomate de la producción mundial año 2017*

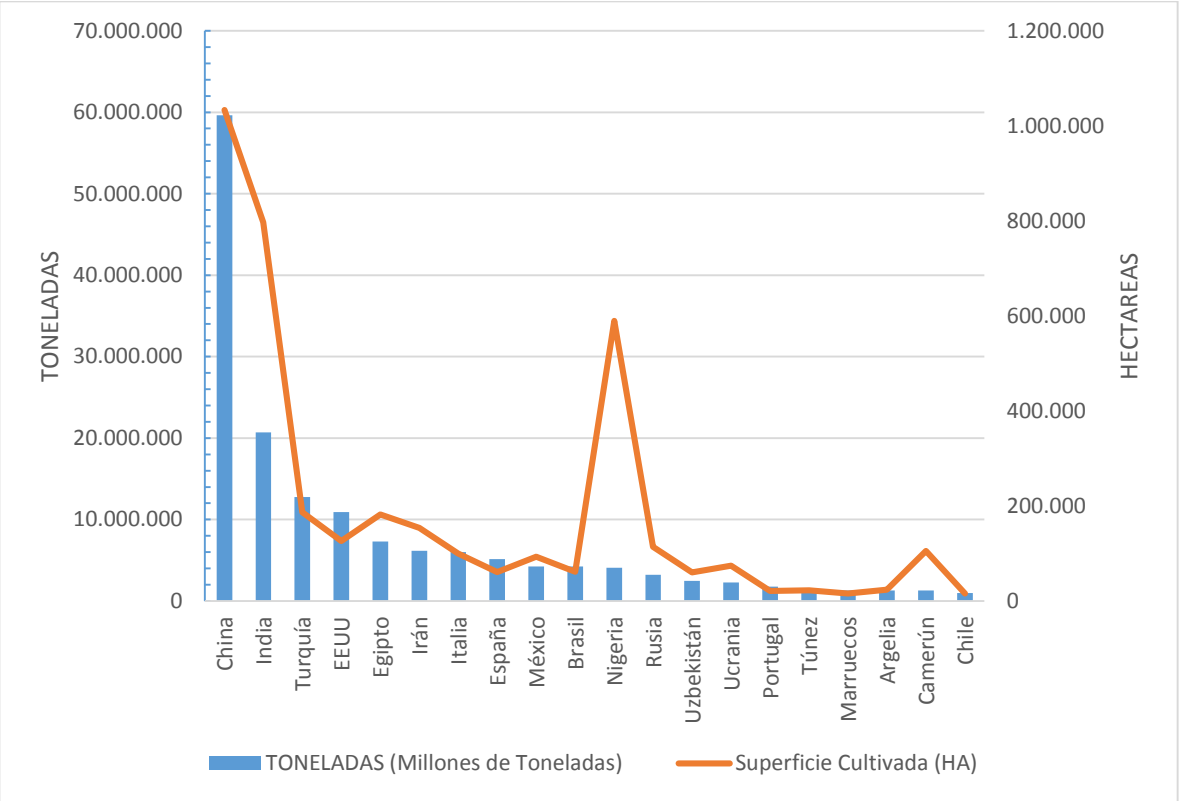
Países	Área cosechada (HA)	Participación (%)
China	1033276	21,3%
India	797000	16,4%
Nigeria	589254	12,2%
Turquía	187070	3,9%
Egipto	182444	3,8%
Irán	153735	3,2%
EEUU	126070	2,6%
Rusia	114300	2,4%
Camerún	105561	2,2%
Italia	99750	2,1%
México	92993	1,9%
Ucrania	74400	1,5%
Pakistán	63203	1,3%
Brasil	61534	1,3%
España	60852	1,3%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de FAOSTAD.

*Incluye tomate de consumo fresco e industrial.

La participación de los países en la producción de tomate a nivel mundial, la encabeza China, siendo este el mayor con un promedio de 59,6 millones de toneladas de tomates al año, lo que representa cerca del 32,69% del total de la producción mundial, siendo este el mayor productor a nivel mundial y actor relevante a la hora de establecer los precios internacionales. La India, por un lado, representa un 11,35% con 20,7 millones de toneladas del total producido siendo otro de los principales países productores. Les sigue Turquía, EEUU, Egipto e Irán con un porcentaje de participación de 6,99%, 5,98%, 4% y 3,39% con 12,7, 10,9; 7,2 y 6,1 millones de toneladas aproximadamente. Chile ocupa la posición número 20 con un porcentaje de participación de 0,54% con 993.076 toneladas de la producción mundial de tomate.

Grafico 2. Participación mundial del cultivo del tomate, año 2017*. Superficie-Producción.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de FAOSTAD.
*Incluye tomate de consumo fresco e industrial.

Tabla 2. Resumen sobre la producción de tomate a nivel mundial por país año 2017*

	PAIS	RENDIMIENTO (HG/HA)	AREA CULTIVADA (HA)	TONELADAS
1	China	577066	1033276	59626900
2	India	259824	797000	20708000
3	Turquía	681562	187070	12750000
4	Estados Unidos de América	865471	126070	10910990
5	Egipto	399964	182444	7297108
6	Irán (República Islámica del)	401814	153735	6177290
7	Italia	603095	99750	6015868
8	España	848529	60852	5163466
9	México	456275	92993	4243058
10	Brasil	687449	61534	4230150
11	Nigeria	69579	589254	4100000
12	Federación de Rusia	282653	114300	3230718
13	Uzbekistán	405900	60486	2455125
14	Ucrania	304766	74400	2267460

15	Portugal	837270	20873	1747634
16	Túnez	583525	22244	1298000
17	Marruecos	814303	15888	1293761
18	Argelia	536467	23977	1286286
19	Camerún	121243	105561	1279853
20	Chile	627206	15833	993076
21	Indonesia	173104	55623	962856
22	Países Bajos	5083799	1790	910000
23	Polonia	784838	11442	898012
24	Grecia	660902	13300	879000
25	Jordania	645462	12195	787141
26	Kazajstán	250638	29485	739007
27	Japón	614333	12000	737200
28	Rumania	155216	46815	726643
29	Colombia	339458	21043	714314
30	República Árabe Siria	554729	12375	686458
31	Otros Países	76118131	794776	17298153
	TOTAL	95744571	4848384	182413527

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de FAOSTAD.

*Incluye tomate de consumo fresco e industrial.

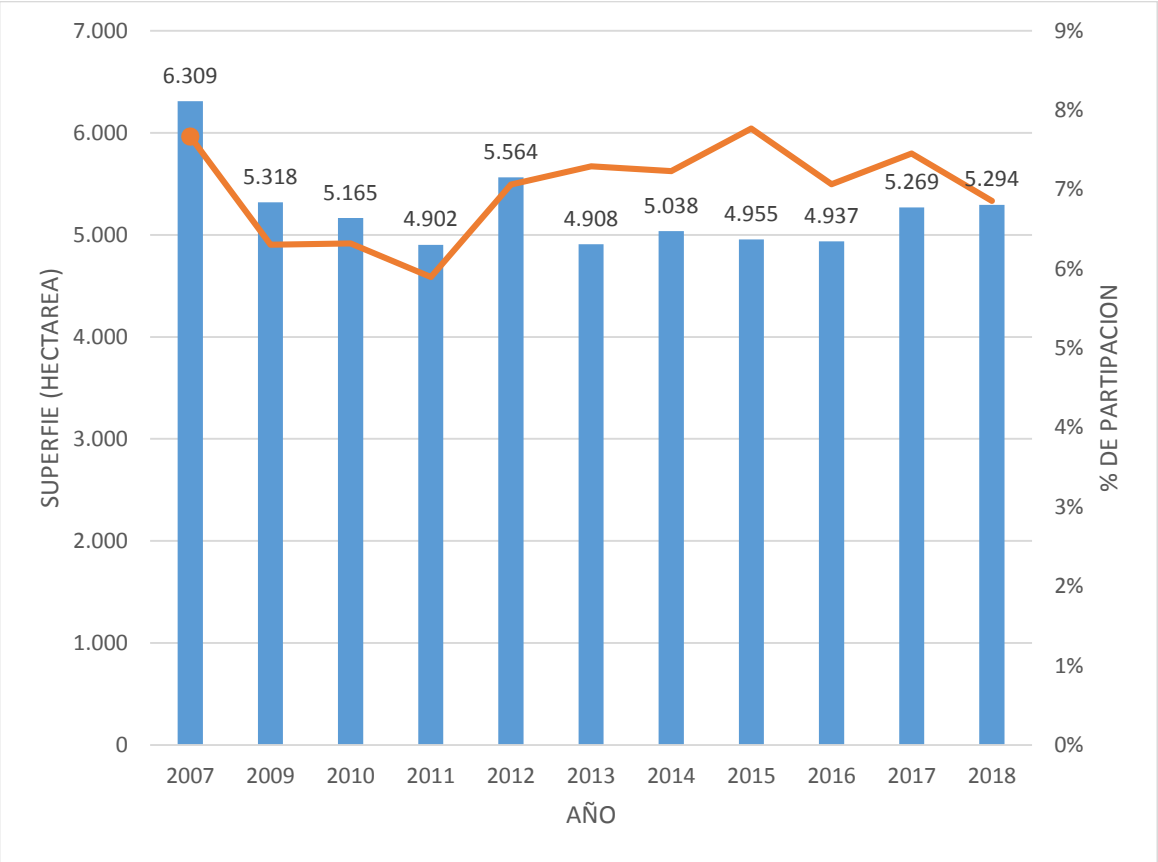
1.2.2. Situación nacional del cultivo del tomate.

Según INE 2018, el cultivo de hortalizas a nivel nacional corresponde a una superficie de 77.220,90 hectáreas, donde 5.294,24 hectáreas corresponden a la superficie total nacional del cultivo del tomate de consumo fresco.

En Chile, se cultivan actualmente más de 16.235,24 hectáreas de tomate aproximadamente, donde 32,6% está constituido por plantaciones para consumo fresco y el 67,4% por plantaciones con destino agroindustrial, específicamente para la elaboración de pulpa concentrada.

El tomate para consumo fresco ocupa el tercer lugar de los cultivos hortícolas con mayor superficie, después del choclo y la lechuga, de acuerdo a las estimaciones del INE año 2018. En el grafico 3 se puede observar la evolución de la superficie de tomate para consumo fresco a nivel nacional, que se ha mantenido sin grandes variaciones, pero que ha ido disminuyendo en los últimos años.

Grafico 3. Evolución de superficie sembrada o plantada de tomate a nivel nacional para los años 2007* a 2018

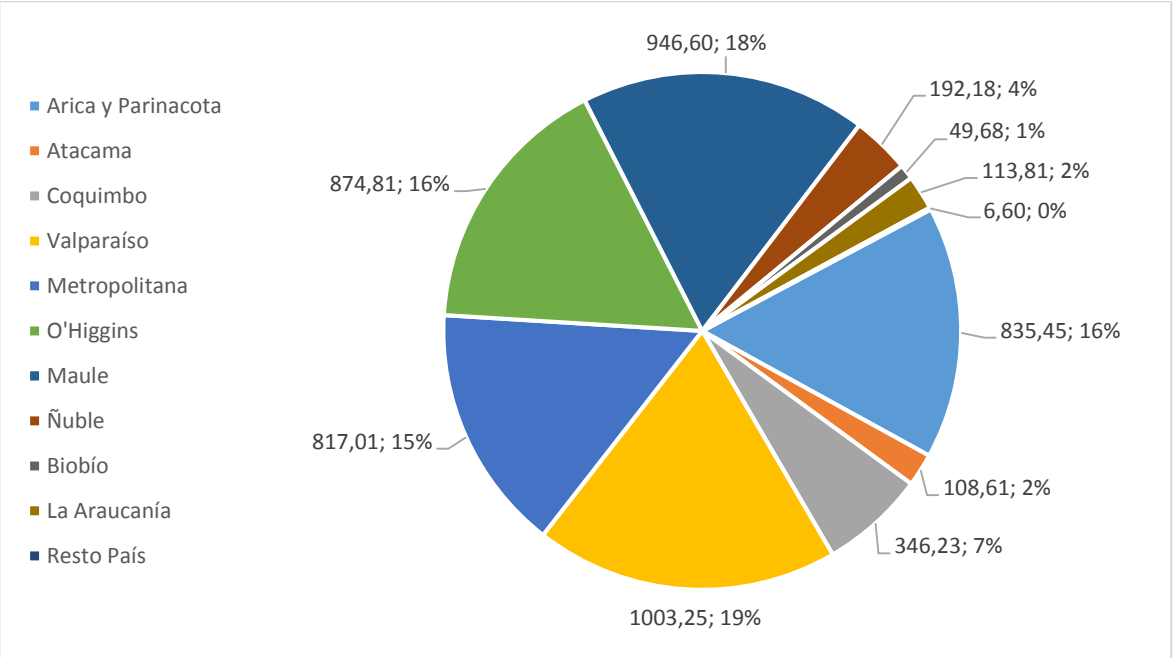


*VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007.

Fuente: Elaboración propia con información del INE, 2018.

En el año 2007 se ha cultivado una superficie de 6.308,9 hectáreas que corresponde al 8% de participación de la producción hortícola a nivel nacional. A diferencia del año pasado 2018, la superficie cultivada fue de 5.294,20 hectáreas con un nivel de participación de un 7%. En estos 11 años, la diferencia entre estos años es de -16%, es decir que la superficie cultiva ha disminuido en estos últimos años. El aumento y la disminución de la superficie de hortalizas, tanto nivel nacional o por región como por cultivo, puede obedecer al gran dinamismo que ofrece la producción de hortalizas, donde, por lo general, los grandes productores están especializados y producen bajo contrato ciertas especies, mientras que los medianos y pequeños adaptan sus superficies de siembra año a año, de acuerdo entre otros factores, a los precios de la temporada anterior, a una demanda relativa, y a las condiciones que se presenten de clima y suministro de agua de riego, la baja disponibilidad de mano de obra, aunque pueden haber afectado a algunos productores individuales.

Grafico 4. Estimación de superficie plantada o sembrada de tomate por región para año 2018.



*VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007.

Fuente: Elaboración propia con información del INE, 2018.

En el grafico 4 se puede observar la distribución nacional a nivel regional de la superficie cultivada con tomate para consumo fresco, de acuerdo a las estimaciones del INE para el año 2018. La región con mayor superficie de esta hortaliza es la Región Valparaíso, con 1003,25 hectáreas (19%), seguida de la Región del Maule, con 846,60 hectáreas (18%). En tercer lugar está la Región O’Higgins, con 847,81 hectáreas (16%).

La producción de tomate para uso agroindustrial, en tanto, está concentrada geográficamente en las regiones de O’Higgins y Del Maule, donde se encuentra el área de influencia de las plantas procesadoras de pulpa concentrada. Esta producción presenta un período de cosecha más definido debido al uso de variedades de hábito determinado (Torres, A. 2017)

El 66% de la superficie nacional con tomate para consumo fresco se concentra entre las regiones de Valparaíso y del Maule. También es importante destacar a la Región de Arica y Parinacota, más que por su superficie, por su importante rol en el abastecimiento a nivel nacional de esta hortaliza en los meses de otoño-invierno (Flaño, 2012).

1.2.3. Situación regional del cultivo del tomate.

La región de Arica y Parinacota desempeña un rol de abastecedor invernacional a nivel nacional, ya que el tomate que se consume en el país entre Junio y Octubre, proviene en un alto porcentaje de esta región. A fines de Noviembre aparecen los primeros tomates de la zona central (regiones Metropolitana, O'Higgins y Del Maule), producción que finaliza a principios de abril, en lo que es considerado como una estacionalidad normal (Torres, 2017). En las otras épocas, la disminución de la oferta, junto con el aumento de los costos de producción y flete, hacen que su valor aumente.

Figura 2. Estacionalidad de los tomates para consumo fresco en Chile (2011).

Tabla 1. Estacionalidad de los tomates para consumo fresco en Chile												
Zonas productivas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Valle Azapa (aire libre- malla)												
Copiapó (invernadero)												
Copiapó (parrón aire libre)												
Ovalle (aire libre)												
Ovalle (invernadero)												
Limache - Quillota (invernadero)												
Limache-Quillota (parrón)												
Talca (invernadero)												
Talca- Curicó (aire libre)												
Pichidegua (S. Vicente)(invernadero)												
Pichidegua (S. Vicente)(aire libre)												
Rengo y Quinta de Tilcoco (aire libre)												

Fuente: Allende, Hernán. Situación del tomate de consumo fresco.

La actividad agrícola de esta región se orienta fundamentalmente a la producción de hortalizas para el consumo interno del país, abasteciendo a las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y la zona central del país durante los meses de invierno. Es el mercado de la zona central el que presenta mayores atractivos para los productores ariqueños, donde las hortalizas fuera de estación obtienen altos precios y donde, además, se concentra el grueso de la población del país (ODEPA, 2004).

La superficie regional de hortalizas asciende a 3.091 hectáreas, lo que representa un 46,3% de la superficie total cultivada a nivel regional y a un 3,2% de la superficie nacional. El sistema de cultivo más utilizado es al aire libre en un 99,24%. Según INE 2007.

Tabla 3. Estimación de superficie sembrada o plantada de hortalizas en la región de Arica y Parinacota. Año 2007 y 2010 a 2018¹.

Superficie por año (hectáreas)										
Especie	2007 ²	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL	3.075,0	2.771,4	2.473,4	2.753,9	2.470,8	2.649,5	2.799,4	2.664,2	2.965,0	3.310,4
Cebolla temprana	263,4	201,5	195,6	238,6	290,8	260,4	228,8	-	342,6	329,7
Choclo	1.001,5	999,7	901,6	867,1	848,7	879,9	948,7	946,5	891,7	976,1
Pimiento	138,4	137,9	115,7	135,9	143,9	142,8	160,0	172,2	174,0	202,4
Poroto Verde	174,7	144,2	84,5	116,1	96,0	112,2	124,5	110,2	106,5	105,7
Tomate consumo fresco	840,1	715,4	684,6	821,4	593,7	687,6	750,4	671,6	886,9	835,5
Otras Hortalizas	657,0	572,7	491,4	574,8	497,7	566,7	587,0	763,7	563,4	861,1

Fuente: Elaboración propia con información del INE, 2018.

Los principales productos hortícolas de la región son choclo, cebolla temprana, pimiento, tomate, poroto verde, siendo el tomate para consumo fresco el segundo hortaliza con mayor superficie cultivada de la región con 835,5 hectáreas. Este cultivo concentra los más importantes avances tecnológicos, permitiendo rendimientos de 120 toneladas por hectáreas a la fecha.

De acuerdo a estimaciones del INE, la producción nacional de tomate se acercaría a 350.000 toneladas, como se puede observar en la Figura 2, donde se destaca el rendimiento obtenido en la Región de Arica y Parinacota para el año 2011 (casi 113 toneladas/hectárea), lo que es el resultado de las condiciones climáticas (luz y sol), junto a variedades que se han adaptado muy bien a la zona. Se estima que en los últimos años este rendimiento promedio ha ido en aumento, debido a la mayor incorporación de la malla antiáfido en el cultivo de tomate de la región, con la que alcanza rendimientos promedio de 180 toneladas por hectárea (50% más aproximadamente). Junto a este beneficio, la malla antiáfidos también permite un ahorro de cerca de 60% de agua y también de pesticidas, lo que da como resultado un tomate más inocuo y una producción con menores repercusiones medioambientales. La producción de esta región ha ido en aumento en los últimos años, debido a una expansión de la superficie

cultivada con tomate en el Valle de Lluta y a la mayor incorporación de la malla antiáfidos, aunque este tipo de cultivo requiere de una gran inversión.

Tabla 4. Producción estimada de tomate para el consumo fresco año 2011.

REGIÓN	SUPERFICIE 2011 (HA)	RENDIMIENTO (KG/HA)*	PRODUCCIÓN ESTIMADA (TON)
XV REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	684,6	112,860	77.264
III REGIÓN DE ATACAMA	244,3	61.570	15.042
IV REGIÓN DE COQUIMBO	323,6	30.800	9.967
V REGIÓN DE VALPARAÍSO	588,2	94.450	55.497
REGIÓN METROPOLITANA	846,5	61.870	52.373
VI REGIÓN DE O´HIGGINS	943,9	58.730	55.435
VII REGIÓN DEL MAULE	851,6	68.870	58.650
VIII REGIÓN DE BIO BIO	246,1	49.710	12.234
RESTO DEL PAÍS	173,2	71.100	12.314
NACIONAL	4.902,0	71.100	348.531

*Rendimiento estimado por el INE para la temporada 2008/09, Informe hortícola. Publicación especial.

Fuente: Elaboración de Odepa con información del INE, 2012.

CAPITULO II: Generalidades del cultivo.

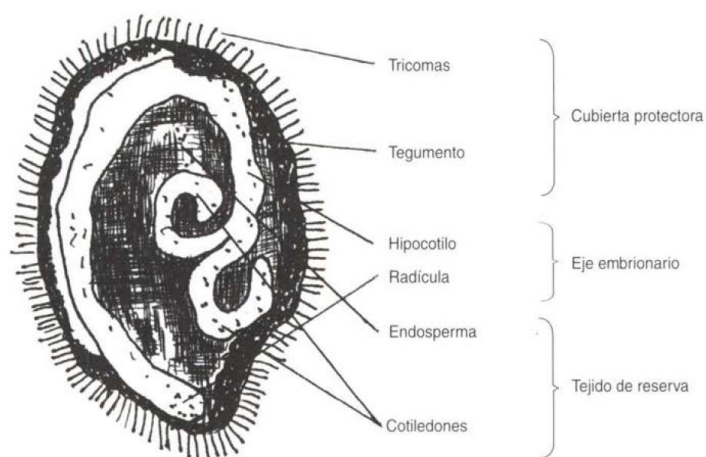
2.1.- La planta: Descripción botánica

El tomate es una planta perenne y cultivada como anual debido a su gran sensibilidad a las bajas temperaturas (González, 1994) y motivos esencialmente económicos. Es de porte arbustivo y se desarrolla en forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. Su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las indeterminadas, y puede llegar en estas últimas a 10 m. en un año (Rick, 1978).

2.1.1 Semilla.

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. La semilla tiene forma lenticular, ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz y Hernández, 2003).

Figura 3. Sección longitudinal de la semilla del Tomate.



Fuente: Melo, 1982

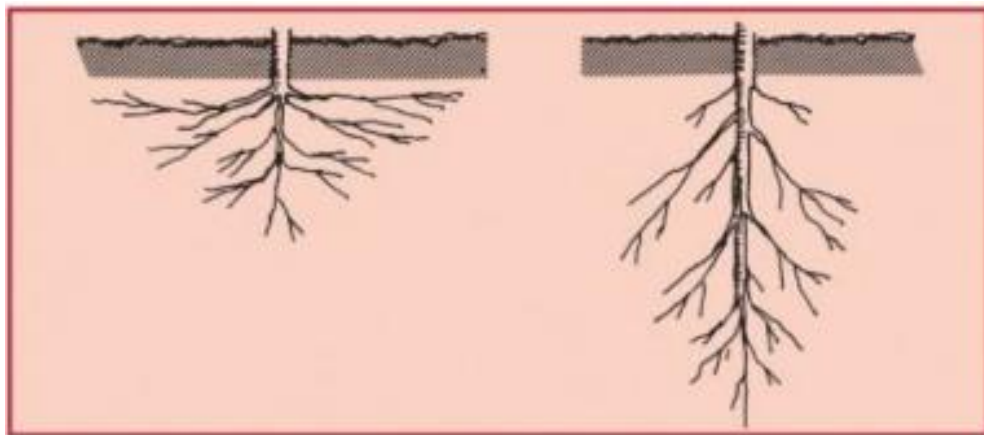
2.1.2. Sistema Radical.

Se compone de una raíz pivotante y gran cantidad de raíces secundarias que puede alcanzar los 60 cm. De profundidad (Gorini, 2018). 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).

Los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o a ramas abortivas (Vallejo et. al., 2004).

El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (Infoagro Systems S.L., 2016).

Figura 4. Aparato radical pivotante desarrollado a partir de una semilla y sistema de raíces fasciculadas de una planta repicada.



Fuente: Guía completa para el cultivo del tomate, 2004.

2.1.3. Tallo.

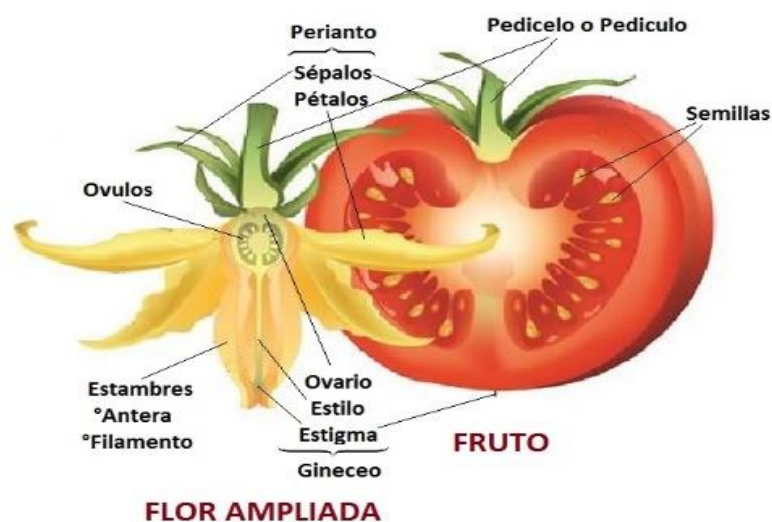
Los tallos son ligeramente angulosos, de grosor mediano y con presencia de tricomas (pilosidades) simples y glandulares que salen de la epidermis (Leiva et al., 2017). De este tallo salen las hojas en disposición alterna. A lo largo del tallo se forman los nudos (abultamientos visibles), de donde surgirán las hojas. A pesar de la naturaleza semileñosa del tallo, este es delgado y no puede mantenerse verticalmente. La planta está cubierta de pelos glandulares que le confieren un aspecto pubescente. Los pelos, cuando caen, segregan un líquido verdoso de olor característico (Gorini, 2018).

2.1.4. Flor.

La flor del cultivo del tomate es perfecta. Se agrupan en número variable en inflorescencias de tipo racemosas (4 a 12 flores). 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). La flor presenta 5 ó más sépalos y la misma cantidad de pétalos de color amarillo que están dispuestos en forma helicoidal. También presentan el mismo número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras que son cortas y anchas (Vallejo et. al., 2004), y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular (Monardes, 2009).

Figura 5. Representación esquemática de la flor y fruto de tomate.



Fuente: <https://www.mundohuerto.com/cultivos/tomate/>

2.1.5. Hojas.

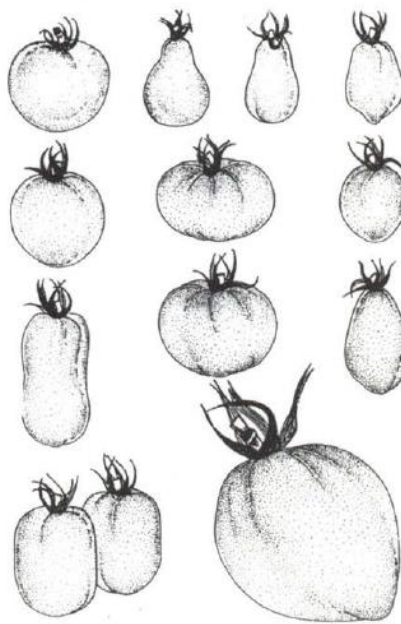
Las hojas son pinnadas, compuestas y se disponen de forma alterna sobre el tallo. Presentan un gran foliolo terminal y hasta 8 foliolos laterales (Chamorro, 2001). Los foliolos son más o menos dentados (existen variedades con hojas muy poco recortadas y con borde no dentado), son generalmente peciolados y lobulados irregularmente. Las hojas del tomate están recubiertas de tricomas del mismo tipo que los del tallo. Las hojas del tomate son de tipo dorsiventral o bifacial (Vallejo et. al., 2004).

2.1.6. Fruto

Los frutos se presentan agrupados en racimos; en número, tamaño y estado de maduración diferentes. El fruto es una baya, de forma y tamaño muy variable. El peso final del fruto en lo 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). Está compuesto por la película (epidermis o piel), pulpa, placenta y semillas. Internamente los

frutos están divididos en lóculos, sitios donde se alojan las semillas, inmersas en el tejido placentario. De acuerdo con el número de lóculos, los frutos pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. El fruto en estado inmaduro es verde y cuando madura es rojo (existen cultivares de tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros). Frutos uniloculares son raros.

Figura 6. Representación esquemática de diferentes formas del tomate.



Fuente: Mejoramiento genético y producción del tomate en Colombia. (Maranca, 1983)

2.2.- Biología de la reproducción.

La estructura floral del tomate favorece la autofecundación y por lo tanto es una especie autógama. El porcentaje de cruzamiento natural es generalmente inferior al 5%. Realizado principalmente por insectos.

El estigma es receptivo al polen uno o dos días antes de la dehiscencia de las anteras y permanece así cuatro a ocho días después de la antesis. La polinización se produce generalmente en el momento de la antesis. El polen es liberado por las hendiduras laterales de las anteras en el interior del cono y, desde que las flores están pendientes (posición normal), es conducido por gravedad a la boca del tubo formado por las anteras donde se encuentra el estigma, garantizando de esta manera la autofecundación (Vallejo et. al., 2004)

La transferencia de los granos de polen al estigma depende también de la longitud del estilo y para que se produzca autofecundación, el estigma

debe estar situado a la altura del cono de anteras o por debajo de él. En especies silvestres autoincompatibles o cultivares primitivos, donde el estigma se sitúa por fuera del cono de anteras, el porcentaje de alogamia alcanza valores elevados (Melo, 1989).

Cuando el polen alcanza el estigma, el tubo polínico empieza a crecer durante la primera hora y a 25°C puede alcanzar el micrópilo del óvulo en 18 horas y fecundar la mayoría de los óvulos antes de las 30 horas (Chamarro, 1994). Estos óvulos se encuentran allí en número muy variable según el tipo varietal. Los óvulos así fecundados forman las semillas (Blancard et al., 2011).

2.3.- Fenología.

El tomate tiene varias etapas de desarrollo en su ciclo de crecimiento. Cada etapa es diferente con respecto a sus necesidades nutritivas, además, el tiempo de desarrollo de cada etapa dependerá de la variedad, condiciones medioambientales y manejo del cultivo (SQM, 2006).

Las etapas que forman el ciclo de vida considera:

2.3.1. Germinación

Es el proceso mediante el cual, a partir de una semilla, comienza el desarrollo de una nueva planta. La germinación depende de factores como condiciones de almacenamiento de la semilla, condiciones ambientales y variedad. Para obtener una buena germinación debe tener disponibilidad hídrica, cantidad de oxígeno relativamente elevadas, es moderadamente tolerante a la salinidad y se produce mejor en la oscuridad (depende del fitocromo y la características de la radiación). La temperatura óptima para este proceso, se encuentra entre los 20 y 25°C (Chamarro, 2001; Moyaben, 1980; Nuez, 2001), donde las 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).

2.3.2. Desarrollo vegetativo.

El desarrollo de la planta depende de numerosos factores, entre los cuales se encuentra la variedad, la iluminación, estado nutricional, y la concentración de CO₂ el suministro hídrico. En los cultivos al aire libre, la

posibilidad de modificar algunos de estos factores es muy limitada, aunque la incorporación de técnicas como riego por goteo y acolchado, permite mejoras importantes. El empleo de invernaderos ofrece posibilidades muchos más amplios para las optimizaciones de dichos factores.

La producción y distribución de los fotoasimilados es un factor esencial en el desarrollo de la planta. La iluminación es, con frecuencia, un factor limitante en invierno en los cultivos en invernadero. El factor que más afecta el desarrollo vegetativo es la iluminación diaria total, mientras que la calidad de la luz y el fotoperiodo desempeñan un papel secundario. El empleo de iluminación artificial únicamente suele ser rentable en la fase de propagación, en la que el número de plántulas por unidad de superficie es muy elevado. En cualquier caso, siempre es posible mejorar las condiciones de iluminación con prácticas tales como la optimización de la orientación del invernadero y la limpieza de la cubierta (Picken et al., 1986).

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 y depende de la iluminación (Chamorro, 2001).

La iluminación cuando es igual o superior al óptimo no afecta el desarrollo del tallo pero, para valores subóptimos, un descenso en la iluminación induce un aumento en la elongación del tallo a expensas de otras partes de la planta, dando lugar a tallos más delgados y débiles con una mayor proporción de tejido parenquimático. Cuando la iluminación es muy baja se reduce la altura de la planta y, por ello, la iluminación adicional de las plántulas en invierno produce generalmente plantas más altas (Nuez, 2001).

La velocidad de elongación del tallo aumenta generalmente con la temperatura, dando a lugar tallos más delgados con una mayor proporción de tejido parenquimático y de agua. La temperatura nocturna óptima para la elongación del tallo es de 30° C para las plantas jóvenes y de 13-18° C para las plantas más viejas (Nuez, 2001).

2.3.3. 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 mineral y tratamientos con reguladores de crecimiento.

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).

Las condiciones que favorecen el desarrollo vegetativo aumentan el número y superficie de las hojas que sostendrán el crecimiento de las inflorescencias y frutos. En los climas cálidos, en verano, con una buena iluminación, desde la germinación hasta la antesis de las primeras flores transcurren unos 45 días y otros tantos hasta el inicio de la maduración del fruto (Nuez, 2001).

La diferenciación floral suele iniciarse dentro de las tres semanas siguientes a la expansión de los cotiledones. Estos pueden ser afectados por los tratamientos ambientales dado a la planta. La fase sensible dura normalmente 9 días desde la expansión de los cotiledones. El valor mínimo, para floración, así como para el cuajado, se sitúa entorno a los 990.63 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2$ de radiación total diaria. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos tanto de la floración, como de la fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta (Castro et al., 2014).

La iniciación de las flores se retrasa cuando existen deficiencias en la nutrición mineral de la planta, particularmente en nitrógeno, fósforo o potasio, además retrasan el desarrollo de las flores. Esto provoca un retraso general del crecimiento y desarrollo de la planta más que un efecto específico sobre la floración. Cuando la iluminación limita seriamente el crecimiento. El estrés hídrico puede promover el desarrollo floral (Nuez, 2001).

La nutrición afecta más al tamaño de las inflorescencias que al tiempo hasta su iniciación. El aumento en la fertilización nitrogenada puede incrementar el número de flores en la primera inflorescencia.

La temperatura tiene una importancia fundamental en la velocidad de desarrollo de las flores después de su iniciación. Así, las flores se desarrollan

más deprisa a una temperatura media de 20°C que a 16°C y además se promueve una floración más temprana en la segunda inflorescencia. La temperatura también puede afectar a la morfología floral. Las temperaturas diurnas son más efectivas que las nocturnas en la promoción del desarrollo de las flores. Aunque las temperaturas elevadas aceleran generalmente el desarrollo floral, pueden aumentar la incidencia del aborto de las yemas cuando la radiación fotosintéticamente activa está limitando severamente al crecimiento de la planta. La temperatura puede afectar también la morfología floral y el número de partes de las flores aumenta generalmente al reducir la temperatura (Nuez, 2001).

2.3.4. Cuajado de fruto.

La fecundación de los óvulos marca el inicio del crecimiento del fruto. En la fecundación podemos distinguir las siguientes etapas:

- a) La formación del grano de polen: El polen está formado por tétradas siete días antes de la antesis y alcanza la madurez los cuatro días siguientes. 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. El número potencial de granos de polen está determinado genéticamente.
- b) La Polinización: El estigma y receptivo 1 ó 2 días antes de la dehiscencia de las anteras. cuando la antera dehisce 1 o 2 días después de la antesis, se liberan varios miles de granos de polen. La transferencia de los granos de polen al estigma depende también de la longitud del estilo y para que se produzca la autopolinización el estigma debe estar situado a la altura del cono de las anteras o por debajo de él. La longitud del estilo está determinado genéticamente y resulta afectada por las condiciones del cultivo. La iluminación deficiente y las temperaturas elevadas pueden provocar una excesiva ejerción estigmática y un desarrollo deficiente del endotecio. Para que se produzca la germinación, los granos de polen deben adherirse al estigma, para lo que es aconsejable que la humedad relativa se encuentre por encima del 70% y la temperatura está en un intervalo de 17° C a 24° C. Todos los cultivares modernos de tomate se autopolinizan. La polinización se produce generalmente en el

momento de la antesis, si bien el estigma permanece receptivo desde los dos días antes hasta los dos días después de la antesis.

- c) La Fecundación: Después de la polinización, para que se produzca la fecundación, es necesario la germinación del polen, la penetración y crecimiento del tubo polínico en el tejido estilar hacia el óvulo y la penetración en el saco embrionario para la fusión con la célula huevo. La germinación del polen depende de la temperatura. A 25° C la germinación se produce en una hora mientras que a 5°C necesita 20 horas. El porcentaje de granos que germinan se reduce considerablemente a temperaturas fuera del intervalo de 5 - 37° C.

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).

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).

2.3.5. 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). 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).

2.3.6. 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).

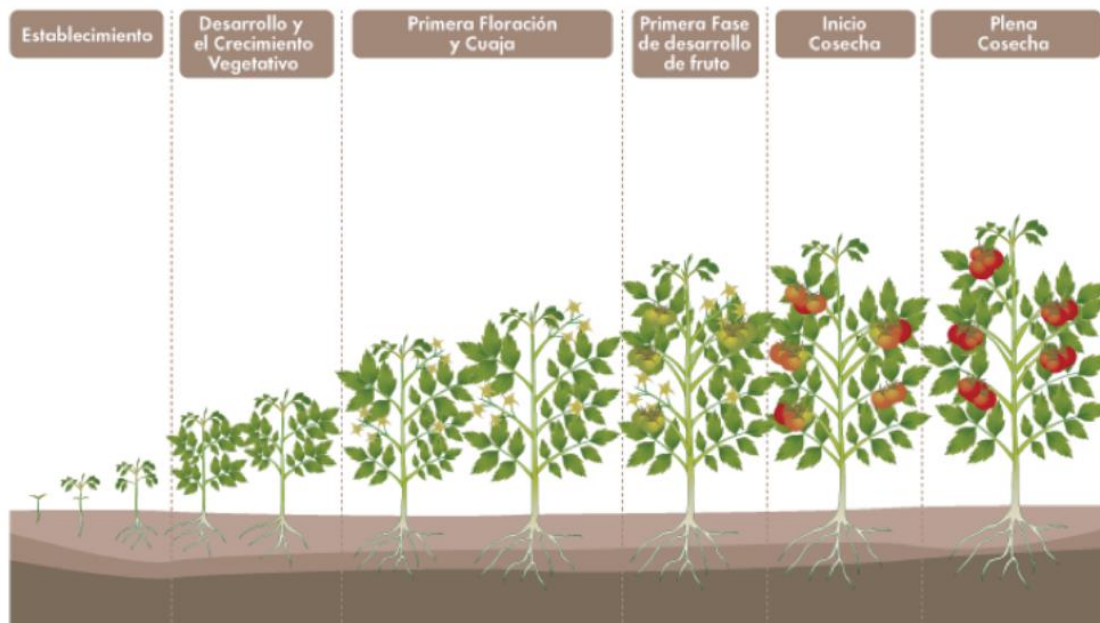
Si bien el fruto fresco es rico en vitamina C, el poder calórico del tomate es bastante modesto debido a su escaso contenido en materia seca y grasa. Tanto en contenido de agua como los restantes como en los restantes componentes dependen tanto de la variedad, nutrición, condiciones del cultivo, etc., que es imposible dar valores precisos. No obstante en sgte. Figura, se dan unos valores orientativos de los componentes de mayor interés.

Tabla 5. Valores orientativos de la composición del fruto de tomate maduro.

Componente	Peso fresco %
Materia seca	6,50
Carbohidratos totales	4,70
Grasas	0,15
N proteico	0,40
Azucares reductores	3,00
Sacarosa	0,10
Solidos solubles totales (*Brix)	4,50
Ácido málico	0,10
Ácido cítrico	0,20
Fibra	0,50
Vitamina c	0,02
Potasio	0,25

Fuente: El cultivo del tomate. Nuez, 2001.

Figura 7. Estado de desarrollo del cultivo del tomate.



Fuente: SQM, 2017.

2.4.- Clasificación del cultivo del tomate.

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. Monardes, 2009).

Ambas variedades de tomate que se cultivan, indeterminadas y determinadas, pasan por las mismas etapas fenológicas.

2.4.1. Variedades determinadas e indeterminadas.

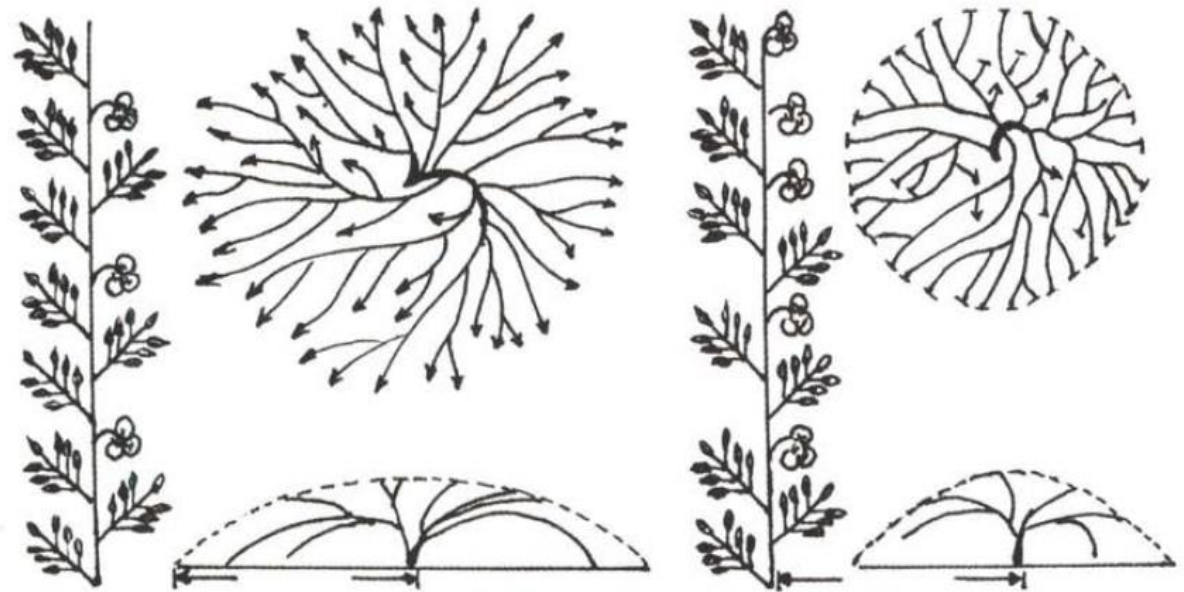
La planta de tomate forma de seis a doce hojas que crecen lateralmente, con una filotaxia 2/5, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El crecimiento subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, la cual desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia. Los sucesivos segmentos del tallo se

desarrollan de forma similar, produciendo una inflorescencia cada tres hojas. El aspecto es el de un tallo principal, que crece de forma continua, con inflorescencias internodales laterales cada tres hojas. Cuando este proceso se repite indefinidamente los cultivares se denominan indeterminados y el pseudo tallo principal puede crecer más de 10 m por año, con un porte rastrero o trepador. Estos cultivares son adecuados para recolección continua, manual y son producidas para el consumo fresco, ya que florecen y fructifican de forma regular y uniforme. Los brotes laterales, que se desarrollan en las axilas de las hojas, se eliminan y el tallo principal se amarra a una estaca o tutor. (Vallejo et. al., 2004).

Los cultivares determinados tienen un crecimiento limitado que puede extenderse unos 2 m. Los segmentos sucesivos del eje principal soportan, de forma progresiva, un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia (que marca el punto que se termina el crecimiento). El sistema de ramificación lateral experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular que requiere de menos espacio que los cultivares indeterminados. La floración y fructificación se producen en un periodo limitado, lo que provoca la concentración de la producción permitiendo efectuar la cosecha mecánica. Las variedades determinadas son usadas para uso industrial. (Vallejo, et. al., 2004).

Los tomates indeterminados pasan por las mismas fases fenológicas que los determinados, con la diferencia que el periodo de crecimiento (período de cosecha) en invernadero puede ser más largas que la producción al aire libre. Los tomates al aire libre tienen un periodo de vida de 90-150 DDT (días después de trasplante). Los tomates de invernadero tienen un periodo de vida de 120-300 DDT. (SQM, 2006). Además 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 peciolo 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).

Figura 8. Comparación de una planta con Crecimiento indeterminado (Izquierda) y otra con crecimiento determinado (derecha). Las Indeterminadas presentadas presentan dominancia apical.



Fuente. Rick, 1978.

CAPITULO III: Manejo Agronómico del Cultivo.

Dependiendo de las condiciones climáticas, el tomate es cultivado en muy diversos ciclos, según las fechas deseadas de producción, cultivares empleados y destino del fruto (de consumo fresco o industrial). Este informe se enfocara en los cultivares producidos en el Valle de Azapa.

3.1.- Valle de Azapa.

El Valle de Azapa se encuentra ubicado entre los 18°29' y los 18°35" de latitud sur, y entre los 69°25" y los 70°22" de longitud Oeste en el extremo norte de Chile (IGM, 1985). El Valle se localiza al Este de la ciudad de Arica la que ocupa el cono de deyección, del río San José, curso fluvial que lo origina, su eje tiene la orientación Este-Oeste y desde su desembocadura hasta unos 45 kilómetros agua arriba se extiende el área propiamente agrícola (Correa et al., 1988).

Este no presenta un ancho uniforme, en varios sectores hay estrechamientos producidos por cambios en la geología bajo los sedimentos marinos de cuaternario (Meléndez y Wright, citado por Torres, A. 1999). El ancho fluctúa entre 700 y 2200 metros con una pendiente media de 1,7 % (Correa et al., 1988).

3.2.- Condiciones agroecológicas del cultivo.

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).

3.2.1. Requerimientos climáticos.

Climáticamente, esta región permite la producción de hortalizas durante todo el año, concentrándose principalmente en contraestación con el centro y sur de Chile. Se considera a esta región la gran proveedora de hortalizas en invierno de la zona central (Román et al., 2013). La temperatura del periodo invernal se transforma entonces en una ventaja comparativa para los productores de tomates de la provincia de Arica, debido a la

estacionalidad que presenta el mercado de tomate fresco en el país (Odepa, 2014).

3.2.1.1. Temperatura.

El clima del Valle de Azapa corresponde al “Desértico Costero con Nublados Abundantes”, sin embargo el área presenta una condición agroclimática particular que según R. Novoa et al, (1990) se describen de la siguiente manera: los sectores medios y bajos de Azapa se encuentran insertos en el área clasificada como tipo “Clima Desértico Tropical Marino, con su variedad *Agroclima Arica*. Tal variedad se caracteriza por presentar un régimen térmico con temperaturas media anual de 19°C, por lo cual no existen limitaciones por las bajas temperaturas, para el crecimiento de las plantas.

El sector superior del valle, a partir de los 600 m.s.n.m. hacia el interior, corresponde a las características de clima tipo “Desértico Subtropical Marino”, variedad *Agroclima Copiapó*, el que se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 18°C, con valores medios, máximos y mínimos que fluctúan entre los 30,1°C, en febrero y 6,5°C en julio, alcanzando el periodo de crecimiento de la vegetación de verano, un total de 7 meses (Novoa et al., 1990).

Tabla 6. Evolución de la temperatura (°C) máxima media y mínima media, Arica año 1971 y 2008.

	1971 ¹	2008 ²
Temperatura media anual	19,3	18
Temperatura máxima media	21,8	23,6
Temperatura mínima media	15,2	13,8
diferencia	6,6	9,8

Fuente: ¹Espina (1971)²;Torres y Acebedo (2008).

El tomate es una planta termoperiódica, creciendo mejor con temperatura variable que constante, que varía con la edad de la planta (Went, 1944). La temperatura adecuada para 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 color del tomate se desarrolla en condiciones óptimas entre 12 °C – 21°C; temperaturas más bajas de 10 °C y mayores de 30° C inhiben su maduración así como el desarrollo de Licopeno (Janeck, 2001).

Tabla 7. 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
Optima germinación	25 – 30°C / 20 – 25°C (Moyaben, 1980)
ETAPAS DE DESARROLLO:	
Temperatura diurna optima	23 – 26°C
Temperatura nocturna optima	13 – 16°C
ETAPAS DE FLORACION:	
Temperatura diurna optima	23 – 26°C
Temperatura nocturna optima	15 – 18°C
Maduración	15 – 22°C

Fuente: Monardes, 2009.

Las temperaturas críticas del tomate pueden resumirse en la Tabla 5, donde temperatura inferior a 10 ° C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades.

No obstante, se debe considerar que los valores de temperaturas por sí solos son referenciales, puesto que su interacción con otros factores repercute mayormente. Por ejemplo, la combinación de altas temperaturas con humedad baja, puede generar aborto floral y baja viabilidad del polen.

3.2.1.2. Humedad relativa.

En el Valle de Azapa la humedad relativa es homogénea, fluctúa entre el 60 a 80% (Torres y Acevedo, 2008). Ideal para el cultivo del tomate, ya que el desarrollo del esta planta requiere que la humedad relativa oscile entre 60 y 80%, considerando que humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas que, además, dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. También se vincula al agrietamiento del fruto o

“rajado”, cuando se presenta un período de estrés hídrico, seguido de un exceso de humedad en el suelo por riego abundante. Por otra parte afecta directamente el consumo de agua por las plantas y por ende las necesidades de riego e influye en la evapotranspiración reduciendo de manera importante la absorción de nutrientes.

Tabla 8. Requerimientos climáticos del cultivo del tomate.

Aspectos generales	
Nombre científico	Solanum lycopersicum
Duración del ciclo vegetativo	105-120 días
Rendimiento con alta tecnología	80 ton / ha (Aire libre)
Aspectos Climáticos	
Sensibilidad a heladas	Altamente sensible
Etapas o partes más sensibles a las heladas	Floración y cuaja del fruto
Temperatura crítica o de daño por heladas	-2°C
Temperatura base o mínima de crecimiento	10°C
Rango de temperatura óptima de crecimiento	20-24°C
Límite máximo de temperatura de crecimiento.	30°C
Tª mínima, óptima y máxima de germinación	10-25-33°C
Suma térmica Tª>10º entre siembra y cosecha	800-900
Requerimientos de vernalización	No requiere
Requerimiento de fotoperíodo	No requiere

Fuente: Monardes, 2009, en MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE, U. de Chile)

3.2.1.3. La luminosidad.

Kulikov y Rudnev (1980) plantearon que para un alto rendimiento del cultivo del tomate, se necesita una iluminación solar intensa, con duración de la parte diurna del día no menor de 11 a 12 horas; este planteamiento está relacionado con lo expuesto por Marrero (1978), quien plantea que en días de 12 horas, el tomate se desarrolla perfectamente, ya que se provoca un mayor crecimiento y si es mayor la duración del día, la síntesis de proteína se dificulta y los hidratos de carbono se acumulan con exceso. El contenido de vitamina C aumenta con la edad, independiente del fotoperíodo.

Una buena luminosidad es importante porque se obtienen colores intensos, pared delgada del pericarpio y alto contenido de sólidos solubles. Por ello las zonas productoras deben tener de 1.000 a 1.500 horas luz al año. Los vientos secos y calientes inducen la abscisión de las flores (Sawhney, 1983; He et al., 1999).

La luminosidad puede incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. Cuando la primera inflorescencia se desarrolla en una planta de tomate joven, un suministro bajo de asimilados causado ya sea por una baja

intensidad de luz (Kinet (1977) o alta densidad de plantas (Russell y Morris, 1982), induce aborto de la inflorescencia o de algunas flores, así también puede afectar el crecimiento de los brotes y las raíces (Cooper, 1964).

En zonas de alto polvo en suspensión, como es el caso de Arica, en períodos de recambio de cultivo se realizan frecuentes lavados de las cubiertas de los invernaderos, con el objetivo de mejorar la producción y evitar posterior exceso de crecimiento vegetativo. Valores de radiación total diaria en torno a 0,85 MJ/m² son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado (Nuez, 2001).

Cuando la intensidad lumínica es mayor, la tasa de fotosintética aumenta provocando mayor producción de productos fotoasimilados. El contenido de carbohidratos en el fruto puede incrementarse si se mejora la fuente que contribuye a su producción. Los niveles de azúcares solubles favorecen la concentración de sólidos solubles totales, y para incrementar estos últimos, es necesario modificar la arquitectura de la planta mediante el control genético del hábito de crecimiento, podas e intensidad de luz (Shaffer et al., 1999).

3.2.1.4. Radiación solar.

La radiación solar es la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de las plantas y el principal insumo de bioproductividad vegetal. La parte de la radiación solar que es útil para la fotosíntesis de las plantas es designada como “Radiación Fotosintéticamente Activa” o PAR (iniciales de la expresión en inglés). Normalmente denominamos luz a la parte de la radiación solar que es visible para el ojo humano (Castilla, 2001).

Las plantas usan la luz comprendida entre los 400-700 mn (conocida como radiación PAR radiación fotosintéticamente activa, o luz de crecimiento). Formada por longitudes de onda de la radiación solar que puede ser absorbido por la clorofila y otros órganos fotocromáticos de las plantas, posibilita la fotosíntesis, variando el efecto de la longitud de onda según las horas del día y los estadios de crecimiento de la planta.

Existe una dependencia estacional en la proporción de radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) con respecto a la radiación solar. Los

valores más altos ocurren durante el verano mientras que en el invierno estos valores son menores y más variables.

La radiación PAR captada por un vegetal determina la cantidad de materia seca producida y la calidad de la producción (Raffo y Iglesias, 2004). Altos valores de transmisión de radiación PAR son importantes para la fotosíntesis, hasta umbrales de saturación a partir de los cuales, nuevos incrementos de la radiación no se traducen en aumentos en la tasa fotosintética de las plantas (Iglesias y Muñoz. 2007).

La radiación solar es la fuente de energía utilizada por las plantas para el proceso de fotosíntesis mediante el cual las plantas se desarrollan producen y crecen de materia vegetal (Caldari. 2007).

El valle de Azapa posee una alta radiación solar directa, durante todo el año. Sin embargo, estudios indican que el fotoperiodo no sería un factor crítico a diferencia de la intensidad de radiación, que si es muy alta se pueden producir golpes de sol, partiduras y coloración irregular, entre otros (Torres, 2017).

3.2.2. Requerimientos de suelo.

El ancho del valle es variable y fluctúa entre 700 y 2.200 m; con una pendiente de 1,7% y un largo aproximado de 58 km. Los suelos son aluviales con una marcada estratificación. Los suelos poseen una buena saturación de bases, son calcáreos, de reacción moderadamente alcalina y de buena porosidad. Sin embargo, son de poca profundidad y con un exceso de pedregosidad (Aguilar et. al., 2015)

Los suelos de fondo de valle han desarrollado gran estratificación, correspondiendo cada capa a las condiciones de sedimentación imperantes en el momento. Estos suelos primitivamente estaban cubiertos con una densa vegetación, lo que permitió una acumulación de materia orgánica, la que es responsable de los colores más oscuros de la superficie (Rovira, 1984).

Los suelos del Valle de Azapa, se dividen en 4 tipos: En la parte baja del mismo se presentan estratos de aluviones gruesos, menores fluctuaciones de textura entre los diferentes estratos, los suelos presentes

corresponden a las asociaciones de series de suelos descritas como Maitas y Savona, las cuales representan el 3,9 y 20 % de la superficie agrícola del Valle respectivamente (Torres, 1999).

En la parte media-baja del valle se presentan suelos aluviales profundos de aun mayor densidad de estratificación, corresponden a suelos descritos como Asociación Sobraya los cuales representan el 27,7 % de la superficie del Valle (Torres, 1999).

El sector medio superior del Valle (a partir del km. 30) también presenta suelos moderadamente profundos, estratificados, de textura medias, bien drenados, de buena permeabilidad, corresponde a la Asociaciones Cabuza, representan el 14 % de los suelos del valle (Torres, 1999).

Los suelos que conforman los abanicos aluviales laterales, se presentan fuertemente estratificados, con materiales gruesos y finos alternados en bandas. En estos sectores se encuentran las asociaciones Diablo y Acha, las que representan el 4,1 y 9,1 % de la superficie del Valle (Torres, 1999).

Los suelos que ocupan la caja del Rio San José, corresponden a suelos muy delgados, de texturas gruesas con gran abundancia de piedras, como Complejo de suelos Ausipar, estos representan el 19,1 % de la superficie del Valle (Torres, 1999).

Tabla 9. Capacidad de uso de los suelos del Valle de Azapa.

CLASE DE CAPACIDAD DE USO	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
I	-	-
II	747,6	21,6
III	825,2	23,8
IV	574,0	16,6
V	-	-
VI	210,7	6,1
VII	1.063,6	30,7
VIII	-	-

Fuente: Iren-Corfo, 1976.

La salinidad del agua de riego está íntimamente relacionada con la salinidad de los suelos de los valles de Lluta y Azapa, afectando los cultivos que en ellos se realizan. La Dirección General de Aguas, 1998 (AC-DGA, 1998) indica que la salinidad es más alta en el sector bajo del valle siendo un valor promedio del orden a 4 dS/m.

Torres (1999), indica que los suelos entre el km 4 al 16 del valle de Azapa los valores de pH son bastante homogéneos con valores máximos de 7,9 y mínimos de 7,5, es decir, son suelos ligeramente alcalinos a moderadamente alcalinos. Estudios hídricos indican que los suelos del valle de Azapa presentan una conductividad eléctrica alta (> 1 dS/m), con presencia de boro en concentración inferior a 1 ppm, pudiendo presentar algún grado de salinidad, existiendo sectores con presencia de costras salinas en superficie (Coserren, 1980; Osorio et al., 1987; Torres, 1999).

Tabla 10. Características químicas de suelo y agua de riego en un sector del Valle de Azapa.

Parámetro	Unidad	Suelo	Agua
pH		7,2	8,15
CE	dS·m _l ⁻¹	28,3	0,86
Ca ²⁺	mmol·l ⁻¹	151,95	3,18
Mg ²⁺	mmol·l ⁻¹	54,89	2,55
Na ⁺	mmol·l ⁻¹	129,83	3,06
K ⁺	mmol·l ⁻¹	12,79	0,23
SO ₄ ²⁻	mmol·l ⁻¹	34,43	4,28
Cl ⁻	mmol·l ⁻¹	213,4	1,49
HCO ₃ ⁻	mmol·l ⁻¹	2,52	3,32
CO ₃ ²⁻	mmol·l ⁻¹	ND	ND
B	mg·l ⁻¹	3,05	1,12
RAS		12,77	1,8
PSI	%	14,95	
Clasificación		Salino no sódico	

Fuente: Proyecto FONDECYT 1120202.

La cultivo de tomate no es muy exigente en términos de suelo, excepto en lo que respecta al drenaje; no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos profundos (de 1 m o más de profundidad), 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 & al., 2005). Suelo de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en su perfil (Infoagro Systems S.L. 2016).

Tabla 11. Aspectos generales del suelo para tomate.

Aspectos de suelo		
Profundidad de suelo	Rango óptimo	1 m
	Valor mínimo	80 cm
Acidez (pH)	Mín. tolerado	5,5
	óptimo	6
	Máx. tolerado	8
Salinidad	Valor tolerado de conductividad eléctrica	0.75-2.0 mmho/cm2
Textura	Fina	medianamente limitante
	Franca	Sin límite
Drenaje	Moder, bueno. Sin Niv. Freático	sin límite
	Imperfecto Niv. Freát. A 110 cm	limitante
Pedregosidad	No pedregoso <15% piedras	sin límite
	Pedregoso 15-35% piedras	limitante
Pendiente	Suave 2-6%	Limitación leve
	Inclinada 6-10%	Limitación moderada
	Muy inclinada 11-20%	Limitación severa

Fuente: Monardes, 2009, En Manual De Cultivo De Tomate, U. De Chile

El tomate tolera la acidez y crece adecuadamente en pH de 5,0 a 6,8. Es medianamente tolerante a la salinidad, con valores máximos de 6400 ppm (10 mmho) (Infoagro Systems S.L. 2016); se han dado a conocer bajos rendimientos con contenidos mayores a 25 dS/m, siendo más evidente sobre 4 dS/m donde e rendimiento disminuye a lo menos en un 10% (Escaff et al., 2005).y con suelos con temperaturas entre los 15 y 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante.

Figura 9. Influencia del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes.



Fuente: Guía manejo Nutrición vegetal de Especialidad Tomate. SQM, 2006.

3.2.3. Requerimientos nutricionales.

El mantenimiento de las condiciones nutricionales del suelo es muy importante para la planta del tomate, ya que no solo requiere de una fertilización adecuada para que esta logre un desarrollo y crecimiento

equilibrado para que logre el nivel deseado de producción, sino también para tener una buena calidad del fruto.

Son 17 los elementos considerados esenciales para el crecimiento y producción de todas las especies cultivadas incluido el tomate. Los 3 elementos esenciales con mayor requerimiento por parte de la biomasa de la planta (raíces, tallo, hojas y fruta) son el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Estos elementos representan el 90% de la materia seca de la planta. De ellos, el C es suministrado desde la atmósfera, el cual es transformado en carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. El H y el O son proporcionados por el agua (Torres, 2017).

De los nutrientes minerales esenciales para la planta se distinguen los de mayor requerimiento y se encuentran en más alta proporción en ella, denominados macronutrientes. Entre los macronutrientes se consideran primarios: nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca).

El elemento nitrógeno (N) es requerido por las plantas para la formación de proteínas. Para ello lo absorbe del suelo en la forma de ión nitrato principalmente y también como amonio, para luego transformarlo en moléculas orgánicas nitrogenadas tales como aminoácidos y proteínas determinantes en el desarrollo y constitución del tejido vegetal. Prácticamente todos los tipos de suelo son deficitarios en nitrógeno, por lo que el suministro de fertilizantes nitrogenados es una necesidad, muy generalizada mundialmente, para aquellos terrenos donde se desea incrementar su productividad (IVEX, 2003).

El potasio es un nutrimento esencial para las plantas, ya que está involucrado en la estabilización del pH celular, osmoregulación, activación de enzimas, tasa de asimilación de CO₂, translocación de fotosintatos y transporte en las membranas vegetales (Marschner, 1995; Mengel y Kirkby, 2000). El tomate absorbe grandes cantidades de potasio, mayores que cualquier otro nutriente (Chen y Gabelman, 1999).

El calcio (Ca), es un nutriente en el tomate que está involucrado en la ocurrencia del trastorno fisiológico conocido como la pudrición apical del tomate, que puede disminuir considerablemente la calidad del fruto y la aceptación en el mercado (Ho et al 1993; Grattan y Grieve 1999). La pudrición apical del tomate es causada por una deficiencia local de Ca en la

parte distal de la fruta, lo que resulta en una necrosis de la estructura del tejido en esa zona (Adams 2002). Además, un aumento del suministro de calcio puede reducir la incidencia de grietas en la superficie del fruto, desorden fisiológico que conduce a un deterioro de la calidad de la fruta (Lichter et al. 2002).

Los nutrientes secundarios: fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S). Se consideran como micronutrientes (o elementos minerales traza) los siguientes: zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y, últimamente, pero sin importancia práctica, el níquel (Ni) (Torres, 2017).

El fósforo (P), a pesar de que el requerimiento por parte de la planta es muy inferior al del nitrógeno, a menudo se encuentra a bajos niveles en el suelo y se puede agregar como fertilizante. Este elemento es muy importante para la formación y rapidez de crecimiento de las primeras raíces de la planta y en estado de almacigo y luego al transplante. Cuando la diferencia es aguda, aparecen coloraciones violáceas en las hojas, que es posible ver principalmente en las primeras etapas del desarrollo.

El magnesio no participa directamente en la calidad del fruto de tomate, aunque bajo condiciones de deficiencia, el tamaño y apariencia general del fruto pueden verse afectada. Sin embargo, un aumento de la fuente de Mg por encima del nivel recomendado, aunque no es tóxico para las plantas, puede aumentar de manera considerable la incidencia de pudrición apical en tomates, si este no va acompañado de un aumento en el suministro de calcio (Hao y Papadopoulos, 2004).

La necesidad de agregar vía fertilización algunos de los 17 elementos minerales esenciales surge del balance entre lo que la planta requiere y lo que el suelo suministra es insuficiente. Este déficit nutricional se acentúa en casos en que el nutriente es poco móvil y no logra llegar al sitio estratégico de acción tales como hojas, flores o frutos cuajados. En uno u otro caso será necesario reponer la diferencia vía fertilización al suelo o foliar (Torres, 2017).

Se recomienda hacer análisis químico del agua y del suelo para determinar el programa nutricional. Estos análisis determinan la capacidad de suministro de nutrientes desde el sistema productivo hacia la planta y, con

base a una adecuada interpretación, se pueden diagnosticar los aportes, las deficiencias y/o toxicidades de cada nutriente. Por lo tanto, la realización de estos análisis es considerado un paso esencial para la formulación de recomendaciones de manejo (Torres, 2017).

Según Baharona, (2009) para una producción comercial de tomate se requiere en el suelo un nivel crítico de 12 ppm de fosforo, potasio 78 ppm, calcio 441 ppm y magnesio 97 ppm. Estudios de la Universidad de la Serena concluyeron que se requieren 200 kg de nitrógeno, 150 kg de P2O5, 350 kg de K2O, 150 kg de Ca y 70 kg de Mg para lograr un rendimiento de 110 ton/ha.

Según Tapia y Gonzales (2014), para obtener rendimientos de 200 Ton ha⁻¹, el cultivo de Tomate injertado bajo malla antiáfido demanda las siguientes cantidades de nutrientes de acuerdo a las características de suelo y agua para el Valle de Azapa.

Tabla 12. Demanda nutricional del tomate bajo malla antiáfido.

NUTRIENTE	DOSIS KG HA-1
NITRÓGENO	670
FOSFORO	423
POTASIO	1.824
CALCIO	349
MAGNESIO	157
AZUFRE	118

Fuente: Tapia y Gonzales, 2014.

Según Tjalling (2006), la absorción de nutrientes se mantiene lenta hasta el crecimiento vegetativo, durante la cuaja y el llenado de frutos la demanda de nutrientes se incrementa, llegando a ser un punto crítico de la fertilización, ya que en este periodo se debe tener un nivel adecuado de nutrientes necesarios en el suelo para el desarrollo de los frutos y cuando estos están maduros, esta absorción de nutrientes disminuye considerablemente.

3.2.4. Requerimiento hídrico.

Fundamentalmente, las fuentes de agua del valle son dos, agua superficial y subterránea, que provienen del río San José, y agua trasvasada desde la cuenca del río Lauca, a través del canal Lauca. Este aporte alcanza a un promedio anual de $0,87 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (AC-DGA, 1998), de los cuales según antecedentes de la comunidad de aguas canal Azapa ingresa al canal Azapa en bocatoma un caudal promedio de $0,650 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, siendo actualmente la principal fuente de agua para la agricultura del valle de Azapa (Torres, et. al., 2008).

El agua superficial de la cuenca del río San José y la trasvasada desde la cuenca del río Lauca tenían en el año 1990 conductividad eléctrica entre 0,6 y 0,8 dS/m, valor inferior al del agua subterránea. Sin embargo, durante los últimos 30 años se ha observado un significativo deterioro de la calidad. La variación estacional de STD es mayor en el agua de riego superficial, con menor valor durante los meses de verano. Esto se atribuye a una dilución por precipitación del agua extraída de la Laguna Cotacotani a través del canal Lauca. (Torres et. al., 2008).

De acuerdo con la clasificación de agua por salinidad y sodicidad propuesta por Wilcox, L. y Durum, W., 1967 el agua subterránea es de tipo C4 (salinidad muy alta) y C3 (alta salinidad). El agua de canal es generalmente C3, aunque en algunos casos durante el verano baja a la categoría C2 (salinidad media). La categoría de sodicidad es S1 (baja). La composición química del agua subterránea es relativamente constante a lo largo del año y su valor medio se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13.Calidad del agua de riego en el Valle de Azapa.

Análisis	Valle de Azapa
PH	7,96
CE (dS m ⁻¹)	1,83
Calcio (meq L ⁻¹)	9,45
Magnesio (meq L ⁻¹)	1,88
Sodio (meq L ⁻¹)	4,09
Potasio (meq L ⁻¹)	0,14
Bicarbonato (meq L ⁻¹)	1,67
Cloruro (meq L ⁻¹)	9,35
Sulfato (meq L ⁻¹)	5,73
Boro (ppm)	1,03

Fuente: Jiménez., 1998.

El concepto de calidad de agua de riego se refiere a las características del agua que pueden afectar a los recursos suelo y cultivo después de su uso a largo plazo. El problema es la infiltración. Los factores que afectan a la infiltración son el contenido de sales y de sodio con relación al calcio y magnesio. El tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes a corto plazo influye en la producción calidad y tipo de cultivo y a largo plazo el agua puede perjudicar al suelo hasta hacerlo inservible para la agricultura (Araya y Gajardo. 2009). El parámetro de la calidad para las aguas de riego se rige por la norma chilena 1333-1978, que establece los siguientes estándares principales: pH debe estar entre 5,5 a 9,0. Y las concentraciones máximas de elementos químicos se indican en la tabla n°13.

Tabla 14. Límite máximo de elementos químicos, expresados en mg/L.

Elemento	Limite	Elemento	Limite	Elemento	Limite	Elemento	Limite
Aluminio	5.00	Cloruro	200.00	Manganeso	0.20	Sulfato	250.00
Arsénico	0.10	Cobalto	0.05	Mercurio	0.001	Sodio%	35.0
Bario	4.00	Cobre	0.20	Molibdeno	0.01	Vanadio	0.10
Berilio	0.10	Cromo	0.10	Niquel	0.20	Zinc	2.00
Boro	0.75	Fluoruro	1.00	Plata	0.20	Litio (cítricos)	0.075
Cadmio	0.01	Hierro	5.00	Plomo	5.0		
cianuro	0.2	Litio	2.50	selenio	0.20		

La calidad química y biológica del agua de riego, cobra especial relevancia de manera de responder a mercados internacionales cada vez más exigentes, sometidos a regulaciones de trazabilidad en la cadena productiva.

La tasa de riego media para el valle de Azapa se estima en 8.200 m³/ha/año, considerando la superficie de los cultivos principales, evaporación de bandeja clase A y métodos de riego utilizados. El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar el alto rendimiento y la calidad. Al aire libre, el tomate puede necesitar hasta 6.000 m³/ha de agua, y en invernaderos hasta 10.000 m³/ha. Esto debido a que en un invernadero no existe el suministro de agua que las lluvias proporcionan de forma natural y espontánea y que los productos rinden por unidad mucho más que los que se cultiva al aire libre, por lo tanto, el ambiente del invernadero necesita más cantidad de agua. Las temperaturas elevadas del invernadero son causa de la que la evaporación y la transpiración sean más intensas. Por esto, la cantidad de agua que hay que suministrar tiene una importancia particular y necesita de un control (Alpi & Tognoni, 1999).

Respecto a los requerimientos hídricos del cultivo del tomate entre siembra a cosecha varían según el estado de desarrollo. Al principio del cultivo la masa vegetal es muy pequeña y muy pequeño también es el consumo de agua. Este se incrementa paulatinamente conforme la planta va creciendo hasta que inicia el cuajado del fruto (Nuez, 2001). 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).

La aplicación deficiente o en exceso de agua produce efectos negativos en la calidad y rendimiento del cultivo. La escasez de agua producirá un estrés hídrico, donde se desarrolla un crecimiento reducido en general, y una absorción escasa de calcio en particular, conduciendo al desequilibrio por deficiencia de calcio. La floración es afectada negativamente y se podrían perder racimos. Por otro lado, demasiada agua causará muerte de la raíz debido la condición anaeróbica del suelo, retraso

de la floración y desórdenes en la fructificación (SQM, 2006). Las hojas maduras pierden su capacidad del control estomático y en cambio producen un achaparramiento de las mismas para interceptar menos radiación y con eso atenuar los efectos de estrés hídrico (Pilatti, 1997). Según Peet y Willits (1995) el aumento excesivo de agua en el perfil del suelo aumentaría significativamente la presión de turgor en los frutos favoreciendo la incidencia de la partidura (cracking).

Cuando la cantidad de agua disponible para la planta es escasa, se podría obligar a la planta a crear un importante sistema radicular en profundidad. Esto se logra dejándose de regar durante un periodo variable entre 10 a 20 días cuando ha sido trasplantado el tomate después del primer riego, ya que el consumo de agua es pequeño (el suelo debe estar a capacidad de campo). (Nuez, 2001)

El agua de riego con un pH alto generalmente contiene niveles altos de bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio. Se recomienda la acidificación del agua para reducir el pH a 5-6 antes que ésta llegue a la planta. Esto mejorará la disponibilidad de ciertos nutrientes, tales como P, Fe, Zn, Cu, Mn y B y evitará la precipitación de sales insolubles que podrían bloquear por ejemplo un sistema de riego por goteo. Un pH muy ácido del agua de riego es indeseable y podría llevar a la disolución de elementos tóxicos presentes en el suelo, como por ejemplo aluminio (Al^{3+}) (SQM, 2006).

Espina (1971) indica que el agua de la cuenca del valle de Azapa no solo está destinada a las explotaciones agrícolas, sino también al consumo humano de la creciente población de Arica y sus industrias allí instaladas. La sobreexplotación del acuífero del San José está afectando la disponibilidad y calidad de agua debido a: 1) habilitación de suelos; 2) ineficiencia en las técnicas de riego y, 3) sobrefertilización. Por estas razones el agricultor ha optado a usar invernaderos en sus cultivos de tomate para manejar en forma eficiente este valioso recurso.

3.3.- Sistemas de cultivo.

La actividad agroproductiva del tomate se caracteriza por presentar varios sistemas de producción: 1) Al aire libre; 2) Semiprotegido (cubierta plástica) o 3) Ambiente protegido (invernadero). Las estructuras de protección tienen como finalidad proteger el cultivo de las plagas, de la

temperatura, de la radiación solar y de daños ocasionados por el viento o las lluvias. Esto conlleva producir rendimientos significativamente mayores.

El sistema de siembra a campo al aire libre; consiste en exponer la planta de manera directa a las condiciones del medioambiente. Suele aplicarse en época seca (Díaz, 2007). El sistema al aire libre se usa en el caso de los cultivos como lechuga en el Valle de Azapa y Cebolla en el Valle de Lluta, ya que los posibles ingresos no pagarían la inversión con un sistema protegido. Los elementos del sistema de riego son los mismos que se utilizan para los sistemas protegidos y comúnmente se cultivan en forma rotativa con otras hortalizas.

El sistema en ambiente protegido; consiste en la siembra del cultivo en invernaderos mixtos o casasombra. Puede efectuarse con estructuras de bajo costo y poco sofisticadas o en invernaderos más complejos y con ambiente controlado. Este sistema permite la siembra en cualquier época del año y el producto que genera es de mejor calidad que el obtenido a campo abierto (EDIFORM, 2006).

Hablamos de Casasombra; a la estructura compuesta de postes de madera o tubos galvanizados que se sostienen con acero galvanizado tensado. Esta estructura tiene una cubierta cuya finalidad es constituir una barrera física para insectos u óptica la radiación (Román, et., al. 2013). La recubierta puede ser una malla oscura, o malla antiáfidos blanca cuyas aberturas permiten un buen control a la entrada de plagas y enfermedades. Es ampliamente recomendado para tomate. La densidad de la malla depende de la especie. Por ejemplo para trips (*Frankliniella occidentalis*) que es vector de numerosos virus se recomienda malla de 25 x 25 hilos por cm². (Román et., al. 2013).

Por otro lado encontramos el Invernadero Mixto; para los cultivos más sensibles al frío, que constituye una casa sombra con malla antiáfidos blanca recubierta, ya sea en su exterior o su interior por polietileno. Se pueden realizar divisiones interiores con polietileno para que conserve más temperatura el invernadero. La gran diferencia es que esta estructura aumenta unos grados más la temperatura media para el crecimiento del cultivo que la casa sombra. El invernadero mixto, es recomendable para la producción de pimiento y cucurbitáceas, aunque ya se está empezando usar

en tomate, debido a las temperaturas bajas de la mañana (Román et. al., 2013).

Conociendo las necesidades del cultivo y las condiciones del medio ambiente de la región donde se va a producir, se puede seleccionar la película (plástico o malla) para cubierta que module más el microclima del cultivo para una mejor respuesta (Quezada, 2012).

En cualquiera de los dos sistemas, es importante el uso de la malla antiáfidos, ya que se considera como la mejor alternativa para el control de insectos plagas, disminuyendo el uso de agroquímicos y evitando la entrada de insectos vectores durante toda la temporada de cultivo, reduciendo la incidencia de virus sobre la producción, favoreciendo el rendimiento y calibre (Sepúlveda et. al., 2011). Además, la humedad relativa es mayor y la radiación solar se ve disminuida, la ausencia del viento, reduce la demanda hídrica dentro de este tipo de estructuras, que permiten la optimización del agua de riego en los cultivos desarrollados bajo estos sistemas productivos, y que cobran mayor relevancia en una región con escasez hídrica como es Arica. Esta malla es muy fina, que varía en el tamaño de los orificios (50 mesh de grosor), lo cual significa: 50 orificios en un área de una pulgada cuadrada. En la actualidad, estas mallas presentan cualidades como resistencia luz ultravioleta (UV), alta transmitancia de luminosidad y permite pasar el 50% de la circulación de aire. Según la mayoría de los fabricantes tienen una duración de cinco años.

El cultivo bajo invernadero, es una tendencia que es practicada casi totalmente por todo el valle, ya que el aumento de la superficie cultivada bajo malla no solo permite mantener en mejores condiciones fitosanitarias el cultivo, sino, además, permite mantener al interior del invernadero temperaturas mínimas más altas y máximas más bajas que los cultivos al aire libre (Gonzales, et al., 2013). Además, la producción media de tomate en cultivo protegido se triplica y la eficiencia en el uso del agua se duplica, respecto del cultivo al aire libre. La mayor producción de tomate bajo malla se debe a las mejores condiciones de cultivo que evita el envejecimiento prematuro de la planta y aumenta el calendario de producción comercial, por lo tanto, aumenta la producción total por superficie cultivada. Como muestra en la tabla 11 (Gonzales et al., 2013).

Tabla 15. Producción media (kgm-2), eficiencia en el uso del agua (kg producido m-3 agua aportada) y emisión de iones al medio ambiente (g emitidos por kg producido-1) según cultivo de tomate y sistema de cultivo de tomate.

	Aire libre	Malla antiáfido
Producción ¹	7,6	20,6
Eficiencia en el uso del agua ¹	12,5	25,6
Emisión de iones ²	79,61	42,82

Fuente: ¹Riquelme et. al., 2013; ²Elaboracion de Gonzales et al., 2013.

3.4.- Variedades de tomate.

Existen distintas variedades de semilla de tomate que al momento de elegir es importante tener en cuenta las características y durabilidad del tomate, siendo estos factores importantes, ya que el producto debe ser empacado y trasladado, ya que le producto debe ser trasladado a su destino final. Otra característica a tomar en cuenta es la calidad, forma, color y tamaño que debe ser acorde con las especificaciones que el cliente lo requiere.

Las variedades que comúnmente se utilizan el valle son las siguientes.

3.4.1. Naomi.

- Tipo: Indeterminado
- Segmento: Beef (Frutos redondos)
- Resistencias: Alta: ToMV / Va / Vd / Fol: 0,1
- Observaciones: Para obtener mayor rendimiento se recomienda injertar solo con los portainjertos Fortamino o Briomino
- Plantas por Hectárea: 24.000 - 25.000
- Marco de Plantación: 0.20 - 0.22mt sobre hilera, a hilera simple
- Principales Características: Formato reconocido por el mercado. Elevados rendimientos y gran calibre. Amplia adaptabilidad de cultivo. Precocidad y rápido en descargar. Calibre uniforme y firmeza estructural. Mantiene el calibre en los ramilletes superiores (ideal para supermercado) (Bioamerica, 2019).

3.4.2. Suzana.

- Tipo: Indeterminado
- Segmento: Beef (Frutos redondos)
- Resistencias: Alta: ToMV / Va / Vd / Fol: 0,1 / For Intermedia: Ma / Mi / Mj / On.
- Observaciones: Para obtener mayor rendimiento se recomienda injertar solo con los portainjertos Fortamino o Briomino.
- Plantas por Hectárea: 24.000 - 25.000
- Marco de Plantación: 0.20 - 0.22 mt sobre hilera, a hilera simple
- Principales características: Elevados rendimientos y gran calibre de frutos. Resistencia a nematodos. Excelente firmeza y formato para embarque. Destacable color de frutos. Tolerante a oidio.

3.4.3. Yola.

- Indeterminado
- Elevado porcentaje de calibre extra y primera.
- Alta rusticidad y adaptación a condiciones desfavorables.
- Alta tolerancia a nemátodos y al Virus de la cuchara (TYLC).
- Transplante: Arica: en cosecha de invernadero desde enero hasta Abril y en cosecha de verano en agosto. Zona centro: 15 de Julio en adelante. Zona sur: 25 de julio en adelante.
- Ciclo (transpalnate a cosecha) de 90 – 100 días.
- Densidad de la plantacion: 26.000 – 28.000 planatas por hectarea (eje simple).
- Plantacion: hileras de eje simple de 20 a 25 cm sobre hilera. Hileras de doble eje de 40 a 45 sobre hileras.
- Follaje: vigoroso.
- Enfermedades: Alta tolerancia a Verticillum, Fusarium 1 y 2, virus TOMV, TSWV, TYLCV.
- Peso: 250 – 300 gramos.
- Forma de Fruto: Globosa Achatada.
- Calibre: 77 – 90 mm.
- Color: rojo intenso y brillante.
- Post-cosecha: muy buena, gran firmeza de frutos (Anasac, 2019)

3.4.4. Michaela

- Es un tomate Indeterminado, de origen HAZERA- Israel. Variedad de excelente comportamiento a nivel de campo alto porcentaje de calibres (entre 70-80 mm diámetro ecuatorial).
- Peso de frutos entre 180-240 gramos
- Es una planta que posee una raíz muy vigorosa debido al paquete de resistencias genéticas que Le otorga una muy buena adaptación a distintas condiciones del suelo.
- Tomate apto para comercialización en mercado nacional, tanto mercado mayorista como Retail.
- Tipo: larga vida de calibre grande con resistencia a Cracking.
- Postcosecha: Excelente firmeza, postcosecha de 10-5 días, buen sabor.

Los portainjertos más utilizados en el valle de Azapa son:

3.4.5. Maxifort.

Es un patrón de vigor superior con alto potencial productivo. Siempre responde en condiciones de estrés de cultivo. Maxifort es el patrón más vendido en todo el mundo, y también lo es en Ibérica. Con su extra de vigor conseguimos la máxima producción en un ciclo largo. En cultivos de verano nos aporta esa masa foliar necesaria para soportar las altas temperaturas sin tener disminución de producción ni de calibre.

3.4.6. Emperador.

Portainjertos de tomate, de vigor muy alto que da una planta equilibrada con un alto poder generativo. Muy tolerante al frío. Aumenta la aireación de la planta que reduce la sensibilidad a enfermedades fúngicas. La producción es muy alta con unos frutos bien colorados y uniformes. Influye positivamente en el calibre medio de los frutos. Recomendado para ciclos largos de tomate y variedades de vigor medio, especialmente los tomates intermedios de ramo o suelto.

3.4.7. Armstrong

- Vigor de planta: Medio-alto

- Portainjertos: Armstrong es un portainjertos interespecífico que destaca por sus altos valores de germinación, uniformidad y planta útil para injertar. Buen grosor de planta y altura de hipocotilo, lo cual facilita el injertado. Su sistema radicular pivotante va acompañado de un sistema de pelos absorbentes muy denso y con alta capacidad de renovación de raíces, lo cual le confiere un gran comportamiento para cultivos de ciclo largo. El vigor que Armstrong es medio-alto y aporta al cultivo un comportamiento generativo, es decir, no incrementa la vegetación sino que favorece la floración, cuajado y engorde de frutos.

Ideal para injertar en variedades de vigor alto muy vegetativas, ya que modera su comportamiento. También para variedades de vigor medio, ya que puede aumentar su potencial productivo. Planta muy productiva, siéndolo especialmente en los meses de invierno donde las temperaturas suelen ser más bajas. Portainjertos que de fácil manejo cultural debido a su versatilidad y plasticidad: es decir, puede utilizarse para diversas condiciones de cultivo, como condiciones de estrés o salinidad.

- Resistencia: Alta. Las variedades limitan el crecimiento y desarrollo de la plaga o enfermedad específica bajo una presión normal de la enfermedad o plaga, cuando se compara con variedades sensibles. Sin embargo puede que estas variedades muestren algunos síntomas o daños de la enfermedad bajo una fuerte presión de la plaga o enfermedad

3.5.- Establecimiento del Cultivo.

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 cal aire libre, etc. (Nuez, 2001).

3.5.1. Preparación del terreno.

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 (por lo menos un mes antes de la siembra). Es aconsejable una labor profunda y rastrajes dependiendo del

tipo de suelo y del cultivo anterior (Escaff et al., 2005). Se debe operar, en lo posible, con el suelo casi seco, entre un 5 a 15 % de humedad. Si se realiza la labor con suelo húmedo, lo único que se consigue es cortarlo y no producir el resquebrajamiento deseado, por lo cual la labor será ineficiente (Navarro, 2015).

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. Las raíces del tomate, en general, pueden alcanzar profundidades elevadas (mayores de 1, 2 metros), aunque la mayor parte están en las capas superiores del suelo (0 – 30 cm), especialmente en cultivos regados por goteo. Es necesario además, iniciar la plantación con un terreno nivelado (Castilla, 2001). En el caso del tomate, que el trasplante se ve facilitado con la preparación del suelo, y así el plantín continúe su crecimiento en el campo, sin limitaciones (Alvarado et al., 2009).

En esta materia, se puede decir que existe la maquinaria para romper, voltear, triturar y emparejar el suelo hasta dejar una capa superficial fina de suelo para depositar la semilla o el plantín y el fertilizante, sin embargo al final lo que se obtiene es una capa superficial de suelo con un grosor no mayor de 30 centímetros en donde se desarrollará bajo esa limitante la raíz de las plantas. Otro aspecto que se debe considerar es el hecho que voltear el suelo crea las condiciones favorables para la germinación de semillas de malezas que han esperado la oportunidad de condiciones favorables de luz y humedad (Alvarado et al., 2009).

La fertilización de fondo y el estiércol (y de ser necesario, algún insecticida contra gusanos del suelo) se incorporan con las labores de preparación, que dependerán de la estructuras del suelo, de los restos de la cosecha existentes y de los usos locales, siendo usual un pase con fresadora, como labor previa al asurado del suelo para plantar (Nuez, 2001). Es importante señalar que al momento de ser aplicado este debe encontrarse completamente seco y no debe tener olor, ambas características son señales de que el abono se encuentra en óptimas condiciones para ser aplicado y que no generará daños a las hortalizas.

3.5.2. Producción de almácigos en ambientes protegidos.

El objetivo de hacer el almácigo es proveer a las plantas, en su primer período de crecimiento, de un ambiente más propicio para su crecimiento y desarrollo. Para el cultivo intensivo de tomate se emplea plantines provenientes de semilleros, no siendo normal en la actualidad la siembra directa en el cultivo del tomate. Estas se pueden comenzar a sembrar en cualquier época del año, ya que el tomate se adapta muy fácilmente a cualquier tipo de clima, teniendo en cuenta todas las condiciones necesarias para su óptimo desarrollo.

Tipos de almácigo utilizados en Chile son:

- Almácigo tradicional: Consiste en la siembra de semillas al voleo, en un suelo preparado y mullido, las semillas deben taparse con una capa muy delgada de suelo, en concordancia con el tamaño de la semilla, mientras más pequeña la semilla más delgada la capa de cubierta. Una variante para mejorar este tipo de almácigo es marcar líneas de siembra, este sistema regula la profundidad de siembra y la distancia de siembra entre las líneas. Permite un mejor control de malezas y una emergencia más pareja de las plántulas, esto último al estar todas a la misma profundidad. Generalmente la distancia entre las hileras es de unos 10 a 15 cm. La cantidad de semilla a sembrar depende de la especie, pero va desde 1 gr. a unos 5 gramos por m², las menores cantidades para las semillas más pequeñas.
- Speedling o almácigo a raíz cubierta: Consiste en sembrar las semillas en forma individual en pequeños contenedores con un sustrato adecuado para el desarrollo de las raíces, lugar en donde se produce la germinación y el crecimiento inicial. Las plantas son llevadas en el mismo sustrato al lugar del establecimiento definitivo. Esto permite usar este sistema con especies que no es posible establecerlas por el sistema tradicional, como las cucurbitáceas por ejemplo. También permite optimizar el establecimiento de especies que tiene un alto costo de las semillas, como la del tomate.

En este punto hablaremos, a grandes rasgos, sobre la elaboración de Speedling. Este sistema de almacigo puede ser establecido en recipientes, adecuados para depositar las semillas, en condiciones óptimas de luz,

temperatura, fertilidad y humedad, a fin de obtener una mejor emergencia desde su primera etapa de desarrollo hasta su trasplante al campo. Por su alto costo las semillas de tomate se ven en la necesidad de germinar con este tipo de sistema, ya que es una práctica segura para una buena germinación y un buen crecimiento inicial de las plántulas, de manera que al momento de hacer el trasplante se cuente con plantas vigorosas, sanas y bien nutridas.

Los agricultores productores de tomate, usan semillas de diferentes variedades, entre las que se encuentran: semillas híbridas (de un alto valor), variedades de polinización abierta (de un menor valor), pero no fáciles de conseguir, por tratarse de variedades antiguas de las cuales ya casi no se encuentran las semillas en las casas comerciales dedicadas a este rubro y realización de plantines injertados.

La producción de plántulas de tomate es posible hacerla por dos vías:

- a) Producción propia. El agricultor compra la semilla y hace sus plantas con el sistema de speedling en bandejas de plástico o de plumavit.
- b) Paga el servicio de almácigo. En este caso el agricultor compra la semilla y manda a hacer las plantas a un proveedor local o un proveedor de la zona central, el cual dispone de mayor tecnología para hacer las plantas. Este servicio contempla que el proveedor del servicio hace las plantas por el sistema speedling y una vez que estas tienen un desarrollo adecuado se las entrega al agricultor para que las plante en forma definitiva. En el valle, se trabaja con plantas Francas, donde esta planta puede ser completa (es aquella donde la empresa semillera dispone de las semillas y los insumos para la producción) o Hechuras (es aquella donde el agricultor entrega las semillas a la empresa, mientras la empresa provee los insumos para su producción). También encontramos plantas injertadas, es la planta a la cual se le aplica una técnica de propagación artificial que permite unir un patrón, portainjerto o pie sobre una variedad comercial (Fuentealba, 2016).

Para la producción de plántulas por el sistema speedling en bandejas es considerarlo eficiente para por el costo de la semilla, en especial el de la semilla híbrida, por lo que el método de siembra en bandejas plásticas resulta eficiente, ya que se obtienen plantas sanas y vigorosas. En el mercado nacional existe una amplia gama de bandejas para la producción de

plántulas (en el valle se utiliza bandejas de Plumavit y/o Polipropileno), siendo las de poliestireno expandido las más utilizadas, con un costo relativamente bajo (López, 2017).

La producción de plantines de tomate para consumo fresco se realiza en Chile utilizando bandejas de 286, 240 y 135 cavidades. Los volúmenes de estas cavidades son de 19, 24 y 35 cm³, respectivamente. Actualmente el volumen que más se usa es el de 24 cm³. Se recomienda que a menor temperatura y luminosidad que se tenga en la época de trasplante, mayor debería ser el tamaño del alveolo (Elizondo et al., 2014).

Una vez realizada la siembra, las bandejas son colocadas en cuartos oscuros, de etiolación o germinación que no debe superar los 36°C, ya que las temperaturas superiores podrían desnaturalizar proteínas de las semillas e incluso matar las semillas (Yampara, 2009). Posteriormente a las 48 horas realizar una apreciación visual y si no han emergido la revisión debe ser mínimo cada 3 horas ya que posterior a este tiempo las semillas pueden tener una acelerada germinación y producir plántulas etioladas y de tallos débiles. El tiempo que se mantienen en la oscuridad ronda los cuatro o cinco días, a fin de que la semilla germine (López, 2017). Uso de sustrato esterilizado y con un adecuado aporte de sales minerales, que aseguren la nutrición de las plántulas en su primer crecimiento. Otra alternativa común y que brinda resultados similares es cubrir las bandejas con un plástico negro, que es removido cuando inicia la emergencia de las plántulas.

Los sustratos más utilizados son: turba (hay con fertilizantes y fungicida), perlita, vermiculita, humus de lombriz, tierra de hojas, compost, etc.

- Compost: Está compuesto por residuos orgánicos que han pasado por un proceso de descomposición, poseen una estructura fina, tienen la capacidad de aumentar la aireación, retener la humedad, absorber los nutrientes y evitar su lavado al liberar lentamente la solución en forma de nutrientes. Normalmente se utiliza mezclado con otros sustratos inertes o inorgánicos, tales como arena, turba, fibra de coco o cascarilla de arroz, en una proporción del 35 % al 50 %. En el proceso de elaboración del compost las altas temperaturas eliminan la mayor parte de las malas hierbas y de los microorganismos dañinos (FAO s.f.).

- Humus: Está formado por los excrementos de las lombrices, que son producto de la digestión de residuos vegetales o excrementos animales descompuestos. Presenta buenas características químicas, sirve de fertilizante y es un sustituto del compost.
- Turba: es el sustrato que ofrece las mejores condiciones para la germinación y el enraizamiento en semilleros, no contiene nutrientes y tiene una alta capacidad de intercambio de cationes, retención de humedad y porosidad. Es ácida, su contenido de materia orgánica es de 95 % y su costo es alto, por tratarse de un producto importado (FAO s.f.).

Los sustratos deben servir de soporte a la planta, ser livianos, tener un alto porcentaje de espacio poroso (80 %), una elevada capacidad de retención de la humedad, una buena aireación y un drenaje apropiado, una baja tendencia a la compactación y ser libres de patógenos, semillas y malezas (Escobar y Lee 2009). La semilla se siembra a unos 5 mm de profundidad aproximadamente o enterrar la semilla 2 a 3 veces su tamaño, ya que si queda muy enterrada no alcanza a germinar (Yampara, 2009).

Las plántulas poseen tejidos tiernos y efectúan una gran actividad fotosintética, por lo que son sensibles a los cambios bruscos de temperatura y humedad, lo que amerita tener cuidados máximos. Estas condiciones se pueden controlar mejor en un invernadero. La disponibilidad de agua es muy importante, debido a que las semillas y las plántulas requieren riegos cortos, pero frecuentes, realizados preferiblemente por aspersión. (López, 2017). Las bandejas deben ir colocadas en mesones que cuenten con perforaciones para facilitar el drenaje y evitar el contacto con el suelo (Yampara, 2009). El riego excesivo puede atraer enfermedades fungosas como la caída de almácigos.

El área de los semilleros debe estar iluminada, libre de sombras y protegida de vientos fuertes que puedan provocar volcamientos o intensificar la transpiración, hasta el extremo de producir quemaduras o marchitamiento de las plántulas. La estructura debe ubicarse de este a oeste, para que las plantas reciban la máxima iluminación solar y no se vean afectadas por los cambios bruscos de temperatura que se producen entre el día y la noche (FAO s.f.)

Otra recomendación es el uso de fertilización foliar, una vez a la semana y Uso de fungicida para evitar problemas de hongos en los primeros estados de desarrollo.

Luego de aproximadamente 30 a 35 días después de la siembra de almácigo (varía según las condiciones climatológicas y de manejo) (Monge 2016), la planta con 3 hojas verdaderas (y unos 12 cm de altura aprox.), se encuentra en condiciones de ser trasplantada al terreno. Una buena planta debe tener una anchura igual o mayor a su altura (Nuez, 2001).

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 (Riego de Asiento) (Leiva et al., 2017).

Un par de días antes de llevar las plantas al lugar definitivo, estas se deben endurecer. Este procedimiento consiste en reducir las aplicaciones de agua de riego y fertilizantes una semana antes de que las plántulas sean trasladadas al campo. Otro, es lograr lignificar los tejidos de las plántulas, para lo cual basta con exponer las plántulas a temperaturas más bajas, lo que se logra ventilando el invernadero en el día y dejándolo abierto durante las noches.

3.5.2.1. Uso de plantas injertadas en la producción del tomate

La técnica de injertación, que permite obtener una planta resultado de la unión de dos plantas diferentes, ha demostrado ser efectiva para el manejo de enfermedades de suelo (Lee, 2003). Esta técnica se combina con otras prácticas de producción sustentable, que incluyen la reducción o eliminación del uso de fumigantes químicos de suelo en muchos países (Kubota et al., 2008).

El principal uso que se le ha dado a las plantas injertadas ha sido proveer de resistencia a enfermedades de suelo (King et al, 2008). Otros usos están asociados a aumento de rendimiento o mejora en la calidad (Flores et al, 2010). Aunque el fin primordial del injerto en tomate, es obtener tolerancia a patógenos del suelo, pero se ha ampliado el objetivo de esta práctica a la obtención de mayor absorción de nutrientes y contenido

mineral en la parte aérea, al incremento en el vigor de la planta y al aumento de la vida de postcosecha de la fruta (Torres, 2017).

Schwarz et al., (2010), hacen una revisión sobre la tolerancia mayor de las plantas injertadas a diferentes estreses abióticos como sequía y altas y bajas temperaturas, lo que coincide con lo planteado por Venema et al., (2008).

Las variedades de tomate injertadas sobre híbridos interespecíficos, logran un mayor vigor que las mismas variedades no injertadas (Khah *et al.*, 2006). Este aumento de vigor se expresa como mayor área foliar, altura de planta, producción de materia seca de hoja y tallo, frutos de mayor calibre. Sin embargo, la precocidad disminuye y podría haber aumento de frutos deformes si no se cultiva regulando este mayor vigor (Godoy et al., 2009).

Al producir plantas injertadas, debe considerarse el doble de espacio que para la producción normal de plantines, porque se deben hacer dos plantas para obtener una, variedad y portainjerto (Rivard et al., 2010).

El mayor desafío de la producción de plantas injertadas, es lograr que ambas partes, portainjerto e injerto, logren un diámetro de tallo similar para el momento que deban injertarse. Habitualmente, las variedades de injerto presentan velocidades de crecimiento mayores que las de portainjerto, por lo que éstos se siembran primero. El tiempo de permanencia de las plantas en el vivero suele ser de una semana más de la producción de plantines (Rivard y Louws, 2006).

La Cámara de germinación debe entregar las condiciones necesarias para la germinación de las semillas, tanto de las variedades de portainjerto como de las de injerto. Debe proveer temperatura estable, entre los 24 y 28 °C y humedad relativa entre 80 y 90%. La ausencia de luz para el proceso es recomendable. La circulación de aire es importante para asegurar la uniformidad de la temperatura y humedad (Garton et al., 1997).

En la sala de siembra donde se puede realizar la labor manualmente, o con una sembradora automática, de manera de uniformar el llenado de bandejas y así evitar diferencias en la humedad entre alveolos, profundidad de siembra, lo que para semillas hortícolas no profundiza más de dos veces su tamaño, tapando con algún sustrato recomendado. El riego de las

bandejas debe ser el suficiente para lograr la germinación de las semillas, pero no excesiva que provoque asfixia.

Camacho (2008), describe que el taller de injerto debe tener condiciones ambientales controladas de temperatura, humedad relativa y luz. Además, debe tener sobre las mesas en que se injerta una buena iluminación para el personal que realiza la labor. Las injertadoras además, deben tener a mano todo el material necesario para realizar la labor, tales como pinzas siliconadas, cuchillas, elementos de desinfección de manos y utensilios.

La técnica más común de injertación de tomate es la de tubo o empalme (Oda, 1999). La ventaja que tiene es que permite trabajar con plantas pequeñas y se logra un porcentaje de éxito muy alto. Se hace manualmente, requiriendo uso intensivo de mano de obra especializada (Lee, 2003).

Tabla 16. Cronología de eventos en la técnica de injertación de empalme o en tubo, con materiales sembrados en alveolo de 23 cc (adaptado por Oda, 1999).

Injertación	Día 0	Día 2 a 3	Día 17 a 22	Día 30 a 35
Injerto	-	Siembra	Injertación (2 a 3) hojas verdaderas	Plantación
Portainjerto	Siembra	-		

Fuente: Técnicas De Producción Para El Cultivo Protegido De Tomates. En Una Realidad Sin Bromuro De Metilo En Chile. (Elizondo et al., 2014).

El éxito del pegado de una planta injertada dependerá de las condiciones ambientales a la que es sometida, posterior al proceso de corte y unión. Para lograr esto, se requiere alta humedad relativa y temperaturas óptimas por cerca de una semana luego de la injertación, para reducir la transpiración del injerto hasta que se haya comenzado a desarrollar el tejido vascular que unirá las dos partes y se haya restablecido el transporte de agua (Johnson y Miles, 2011).

La humedad debe ser mantenida sobre el 85% y la temperatura en torno a los 25 °C (Rivard y Louws, 2006). La radiación debe ser un 50 a 70% de la normal (Johnson y Miles, 2011).

La calidad de las plantas del tipo franco que llegan a los predios agrícolas no presenta grandes variaciones entre viveros, pero es frecuente escuchar por parte de productores que hay diferencias en la calidad de las plantas injertadas que reciben, no solo en Chile (Lee, 2011).

Hay que recordar, que la unión completa del tejido vascular ocurre al día 15 desde la injertación (Fernández-García et al., 2004).

Lo que caracteriza una planta de calidad injertada está dado por:

- Debe ser sana, esto es libre de plagas que transmitan virosis.
- La fecha de entrega al productor de las plantas debe ser la comprometida por el vivero.
- La cicatriz de la zona de injerto debe estar limpia, libre de raíces adventicias.
- La altura de injertación debe ser de 1,5 a 2 cm desde el cuello del portainjerto.
- La altura total de una planta debe ser no mayor de 20 cm, por el peligro de tumbado en campo y evitar daño de radiación directa elevada para establecimientos estivales.
- Las raíces deben estar activas y ser de color blanco.

Uno de los principales desafíos al producir plantas injertadas es la sanidad de las plantas obtenidas. El principal problema sanitario que se ha detectado en la producción de plantas injertadas es la infección por *Clavibacter michiganensis michiganensis* (Cmm). Este es el agente causal de la enfermedad conocida como cancro bacteriano (EPPO, 2005). Xu et al. (2010), demostraron la transmisión de Cmm a través del proceso de injertación.

3.5.3. Confección de camellones.

Previo al establecimiento del tomate se realizan los camellones distanciados de acuerdo al marco de plantación, que a su vez dependerá del destino del cultivo, sistema de manejo y conducción, como también de las características de la variedad.

La mayoría de los productores de tomate realizan un chipeado, una pasada de arada, una de rastra y una alomillada para levantar surcos o

camellones de unos 30 cm de alto y con una distancia de 1,2 m a 1,8 m entre ellos (Navarro, 2015).

La utilización de camellones mejora y aumenta el área del suelo, aportando a las raíces activas un suelo de mejor fertilidad, con baja compactación inicial y mayor ventilación (Obando y Mc Leod, 2010). Los camellones permiten a la planta disponer de una zona de suelo en donde la humedad estará referida solamente al suministro entregado por el riego programado durante la temporada.

En el valle de Azapa se utiliza emcamadores y luego se pasa el retocador. Se debe tener precaución en no sobre utilizar el motocultivador, ya que la estructura de suelo puede verse afectada. Si el suelo queda demasiado molido (como polvo), es probable que luego de los riegos este se compacte, generando un medio desfavorable para las hortalizas.

3.5.4. Acolchado o mulch.

Después de realizar los camellones, se realiza un acolchado o mulch es un proceso de cobertura de la superficie del suelo, con una capa de materia orgánica o inorgánica, que reduce la evaporación de agua del suelo, además de realizar un eficiente control de malezas. Para la instalación del acolchado hay que tener ciertas precauciones, dentro de invernadero no instalar con demasiada temperatura las cubiertas de polietileno, ya que con los cambios de temperatura se contrae y puede tapar los plantines.

3.5.5. Desinfección del suelo.

Los valles costeros de la Región de Arica y Parinacota, presentan agentes patógenos tales como nematodos y enfermedades fungosas que atacan directamente a la raíz del cultivo. Por tal motivo, durante muchos años, los agricultores se han visto en la necesidad de utilizar fumigantes de suelos como el Bromuro de Metilo, fumigante en retirada debido a que es altamente tóxico y de amplio espectro. Se ha demostrado que la liberación de este gas a la atmósfera tiene un efecto ambiental muy negativo, pues su utilización debilita la "capa de ozono", provocando con ello consecuencias potenciales muy negativas sobre el ambiente y el cambio climático (Sepúlveda y Carrasco, 2014).

Por estos antecedentes, el bromuro de metilo ya está en retirada, aunque otro producto químico, tiene bajas posibilidades de sustentarse en el largo plazo. Esto debido fundamentalmente a la dificultad de encontrar una sustancia que muestre los mismos atributos en el alto potencial biocida, relativamente bajo costo, baja persistencia y fácil aplicación y que, además, no tenga riesgo de ser prohibido por las entidades regulatorias (Carrasco y González, 2003). Sin embargo, es posible identificar una serie de productos que, aplicados a suelo o sustrato, son eficientes en la esterilización de ellos. No obstante, no todos tienen los atributos del bromuro de metilo, diferenciándose en períodos de espera mayores, residualidad en el suelo, riesgo de contaminación en napas o aguas subterráneas y dificultad para su aplicación (Sepúlveda y Carrasco, 2014).

A pesar de aquello, en el mercado hay nuevas alternativas químicas y no químicas al bromuro de metilo. En las químicas encontramos por ejemplo: metam-sodio (Nemasol), dazomet (Basamid), Agrocelhone, entre otros productos autorizados por el Protocolo de Montreal, y efectivos para remplazarlo, como sustancias controladoras de semillas de malezas, insectos y patógenos del suelo. Estos productos fueron evaluados por INIA en la producción de tomate, bajo las condiciones de clima y suelo del Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota.

La aplicación de los productos señalados requiere de ciertas condiciones, ya sean generales o específicas, de suelo y manejo para lograr el máximo control de hongos, nemátodos, insectos y malezas, según el producto. La temperatura, humedad, textura y preparación de suelos son factores que están íntimamente ligados al comportamiento de los fumigantes de suelo, por lo cual para lograr un óptimo resultado en el control, es necesario saber cuáles son las condiciones más adecuadas de aplicación.

Una vez aplicado el fumigante, la superficie del suelo debe permanecer sellada para maximizar la eficiencia de su efecto. Generalmente, para el sellado se utiliza una cubierta de plástico o mulch, evitando de esta forma las pérdidas por gasificación directa y haciendo mucho más eficaz la aplicación de los productos. El tipo de plástico que se aconseja utilizar es el plástico totalmente impermeable (film totalmente impermeable TIF o virtualmente impermeable VIF), y en caso de utilizar polietileno (PE), el grosor recomendado debe ser de 50 μ m o más. Sin embargo, también se

puede utilizar como sellado una lámina de agua o un sellado mecánico superficial (González, 2006).

Antes de iniciar el cultivo, se debe ventilar el suelo fumigado, para favorecer la disipación de gases residuales del fumigante, que pudieran afectar las plantas a establecer.

Por otra parte, una vez terminado el efecto de la fumigación, el suelo comienza de inmediato a ser reinfestado por los organismos que han sido controlados, por esto es importante tomar todas las medidas que aseguren un buen tratamiento, con el fin de obtener los resultados esperados y evitar, por el mayor tiempo posible la reinfestación con organismos patógenos resultantes de un tratamiento deficiente o de contaminación desde las fuentes externas señaladas (Sepúlveda y Carrasco, 2014).

Por otra parte las alternativas no químicas al bromuro de metilo, para controlar plagas y enfermedades de las plantas que poseen principios activos no nocivos para el ser humano y el medio ambiente, entre las cuales podemos encontrar:

- La solarización, consiste en cubrir el suelo húmedo (suelo a capacidad de campo hasta unos 50-60 cm de profundidad) con plástico transparente delgado (35-50 m) durante el verano. La radiación solar pasa a través del plástico y se acumula en el suelo, induciendo cambios físicos, químicos y biológicos en el mismo. El tratamiento dura entre de cuatro y seis semanas, tiempo necesario para ejercer un control en las capas profundas del suelo (López et al., 2014). En Chile, el mejor momento para realizar la solarización es desde mediados de diciembre hasta fines de febrero, período con un verano cálido, donde las temperaturas fluctúen entre los 30 y 35°C (Carrasco et al., 2002), Sin embargo, en la Región de Arica y Parinacota esta condición se extiende desde mediados de noviembre hasta fines de marzo.
- La biofumigación, se define como la corrección del suelo con aplicaciones de materia orgánica, la cual en su descomposición libera gases que eliminan o controlan plagas presentes en el suelo. Es una técnica que estimula la actividad microbiana en el suelo, incrementando las poblaciones de nematodos que se alimentan de bacterias o virus, al igual que nemátodos predadores (López et al.,

2014). Algunos autores sostienen que la biofumigación, por el efecto fumigante de los isotiocianatos, viene a sustituir a dos alternativas químicas, como el metam sodio y al bromuro de metilo (Sauerborn et al., 1989). Es una técnica que puede ser usada en combinación con cubiertas plásticas, aumentando la temperatura del suelo (Bello et al., 1994). La biofumigación, es una técnica que mantiene la capacidad de autoregulación de los agrosistemas, y que se basa en el uso de recursos locales, reduciendo con ello los gastos de energía utilizada en el transporte, principalmente (Bello et al., 1997).

- La biosolarización, es un método que combina la solarización y la biofumigación. Es decir, se utiliza la radiación solar, la cual pasa a través de un plástico de polietileno que cubre un terreno a tratar, provocando aumentos de temperatura en el suelo, acumulándose en el mismo e induciendo cambios físicos, químicos y biológicos. Además de la solarización, se agrega la biofumigación, la cual incorpora en el suelo rastros del cultivo de la temporada anterior, y por efecto de la descomposición de ellos, se produce una liberación de gases que eliminan o controlan plagas presentes en el suelo, por estimulación de la actividad microbiana del mismo. Es un método reconocido como alternativa al bromuro de metilo por el "Methyl Bromide Technical Committee" (Sepúlveda y Carrasco, 2014). Con la biofumigación más solarización, se puede reducir la aplicación de fertilizantes, principalmente aquellos en base a fósforo y potasio. Estudios han demostrado que con la solarización del suelo se tiene una mayor cantidad de nitrógeno total y zinc en la planta, la cual en combinación con la biofumigación incrementa la absorción de manganeso. Mientras que la biofumigación (López et al., 2014).

De las alternativas expuestas, ninguna de ellas, por sí sola, mantiene un cultivo de tomate libre de plagas y enfermedades. Es recomendable complementarla con otras para realizar un manejo integrado y aumentar el nivel de control.

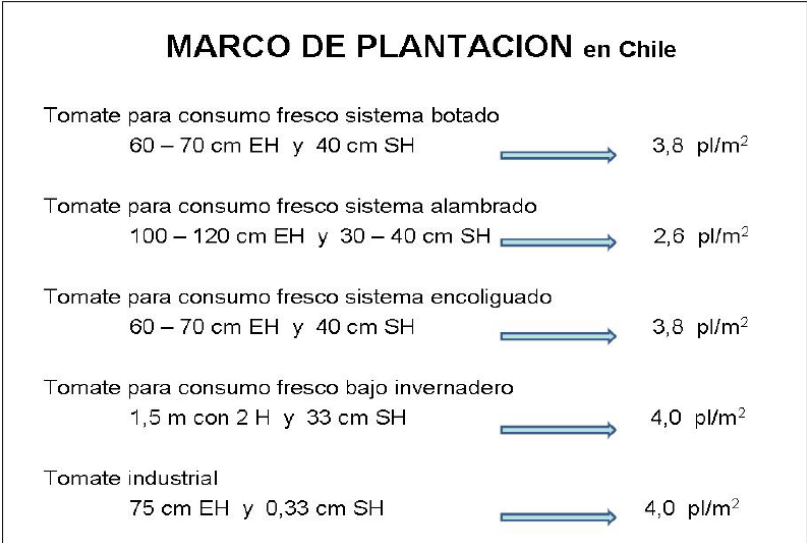
3.5.6. Marco de plantación y transplante.

El marco de plantación es la forma en que se acomodarán, en el lugar de cultivo, las hortalizas, este nos indica la separación necesaria entre las plantas a cultivar para que se desarrollen con normalidad. Esta se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad

comercial elegida. Cuando elegimos un buen marco de plantación, favoreceremos la entrada de luz, la ventilación y aireación, disminuirémos la competencia por los nutrientes, reduciremos el riesgo de plagas y enfermedades, mientras favoreceremos el cuajado del fruto aumentando la producción y calidad.

Las dimensiones más frecuentemente utilizadas son de 1.10 a 1.5 metros, entre hileras; y de 0.3 a 0.5 metros, sobre hilera; aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a 2 plantas por metro cuadrado con marcos de 1 x 0.5 m. Cuando se tutoran las plantas con perchas, las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra, formando una cadena sin fin y dejando pasillos amplios para la bajada de perchas (aproximadamente de 1.3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm. Según Tapia y Gonzales (2014) la distancia de transplante según su densidad de plantación sería: para plantas Francas 1,5 x 0,2 m con una densidad de 3, 3 plantas m² y plantas injertadas su marco de plantación sería 1,5 x 0,4 m con una densidad de 1,6 plantas m².

Figura 10. Marco de plantación de tomate con los distanciamientos y poblaciones de plantas más utilizados en Chile.



Fuente: Alvarado, 2009.

El transplante de hortalizas se realiza cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo del cultivo y el suelo se encuentra en óptimas condiciones. Este se puede efectuar en cualquier época de la temporada, según el cultivo que se esté desarrollando (Obando & Mc Leod, 2010).

Los plantines deben estar firmes, con dos hojas verdaderas y sin amarillar los cotiledones, con un sistema radicular que mantenga firme todo el sustrato, pero que no se enrollen, ya que se puede retrasar la exploración de las raíces en el suelo.

Se debe hacer un hoyo con un marcador de madera, cuya punta sea lo más parecida al fondo del pancito, de manera que no quede aire. Seguidamente, se coloca el fertilizante, evitando el contacto con el sistema radical de las plántulas, lo que asegura su sobrevivencia y rápido crecimiento. El fertilizante granulado se sustituye por fertilizantes solubles en agua cuando se emplea fertirriego (López, 2017).

Los trasplantes se deben realizar en la horas frescas de la mañana muy temprano o en las tardes (después de las 3 de la tarde), para que las plantas no se marchiten con las altas temperaturas (Obando & Mc Leod, 2010).

Para el trasplante de tomate injertado, se debe tener muy presente no enterrar la unión del injerto (patrón - variedad), quedando éste sobre la superficie del suelo, con ello se evita que en la zona de inserción pueda emitir raíces (franqueo) y con ello perder algunas características positivas del portainjerto como la tolerancia o resistencia a algunas enfermedades de suelo (Rodríguez, 2008).

3.5.7. Nutrición y fertilización del tomate.

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 (Saavedra y Ried, 2003).

Los fertilizantes son productos químicos naturales o industrializados que se administran a la planta con la intención de optimizar su crecimiento y desarrollo. Se aplica generalmente al suelo para que se diluyan en la solución y puedan ser ingresados al sistema vegetal vía raíces, pero también puede aplicarse en forma líquida foliar para ser absorbidas a través de los estomas.

De acuerdo al análisis de suelo y agua se puede establecer un plan de fertilización entregando los principales macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-etc) y micronutrientes (Fe-Mn-Zn, etc.) para el óptimo desarrollo del cultivo (Gonzales et al., 2014).

Según su origen los fertilizantes pueden ser: 1) Minerales o químicos, estos fertilizantes son creados por el hombre y aportan mucho más nutrientes principales a los suelos, que los fertilizantes orgánicos. Estos nutrientes principales están mucho más elevados y son el nitrógeno, potasio y fósforo (NPK); el nitrógeno es el que ayuda a la formación de las proteínas y clorofila. El potasio ayuda a que las plantas resistan mejor las enfermedades y da fuerza a los tallos y por último el fósforo ayuda al desarrollo de las raíces fuertes y 2) Los fertilizantes orgánicos; su origen es vegetal o animal. Hay dos tipos: estiércol, pero además de este, está el compost. El compost es un compuesto para el cual se mezcla materiales de origen vegetal y animal y para realizar esto, lleva un proceso de "Curación" de los mismos. Luego de realizar la "curación", su utilización se habilita para aplicar los diferentes cultivos; para verificar que la curación esté bien hecha, el compuesto no debe emanar calor, ni olor y su textura y color debe ser uniforme (Araya y Gajardo, 2009).

En la etapa inicial, se recomienda una relación de N-P-K de 2-1-1. En la etapa de floración, se recomienda una relación de N-P-K de 1-2-1. En la etapa de fructificación, se recomienda una relación N-P-K de 1-1-2 (Paredes, 2009).

Tabla 17. Fertilizantes utilizados con mayor frecuencia por los agricultores del valle de Azapa.

FERTILIZANTES NITROGENADOS	UREA	46% DE N
	KNO3	13% DE N Y 44% DE K2O
	NH4NO3	33% DE N
	CA (NO3)2	15,5% DE N
FERTILIZANTES FOSFATADOS	FOSFATO MONOAMONICO (MAP)	52 UNIDADES DE P
	FOSFATO DIAMONICO	
	GUANO	20% P2O5
	ULTRASOL MULTIPROPOSITO	
CALCIO	CAL (OXIDO)	
	CALCITA (CARBONATO)	
	YESO (SULFATO)	

Fuente: Araya y Gajardo, 2009.

De acuerdo a Carreño y Magán (2003), señalan que el riego por goteo permite aportar y localizar en las raíces de las plantas los fertilizantes que éstas necesitan para su desarrollo. Así, mediante un correcto manejo, es posible conseguir un alto aprovechamiento de esos abonos, minimizando las pérdidas que se producirían por lixiviación si se empleasen en sistemas no localizados. Del mismo modo, permite ahorrar agua y fertilizantes y fraccionar mejor el aporte de éstos, de acuerdo a las necesidades del cultivo en cada momento.

En la actualidad, el sistema de fertirrigación es el método más racional para la realizar una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente dentro de la denominada agricultura Sostenible. Por otra parte, la dosificación de fertilizantes distribuida durante todos los días del ciclo de cultivo permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que puede originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo o sustrato (Abad et al., 2005).

Es necesario realizar análisis de agua y suelo para un buen manejo al momento de preparar la disolución nutritiva y posterior programación del fertirriego. También, se debe controlar los parámetros básicos tales como conductividad eléctrica y pH. Idealmente importante es evitar la fertilización

nitrogenada en exceso, porque provoca excesivo follaje comprometiendo la ventilación adecuada del cultivo (Gonzales et al., 2014).

Tabla 18. 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

Cadahia (2005) señala que entre los posibles inconvenientes del sistema de Fertirrigación se puede citar: costo inicial de la infraestructura, obturación de goteros y manejo por personal especializado.

3.5.8. Riego del cultivo de tomate.

El riego agrícola como técnica o práctica de producción se puede definir como la aplicación suficiente, oportuna, eficiente y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer el agua que las plantas han consumido durante un tiempo determinado. El propósito del riego es crear un ambiente adecuado en la zona radical para que las plantas rindan la máxima producción (Alvarado, 2009).

Las plantas consumen agua debido al efecto de las condiciones climáticas (temperatura, radiación solar, velocidad del viento, entre otros factores) que hacen que se esté liberando permanentemente vapor de agua desde el suelo hasta la atmósfera, desde la planta por exceso de transpiración y desde el suelo por el proceso de evaporación. Estas pérdidas de agua en conjunto, desde la planta y el suelo se les llaman evapotranspiración.

La aplicación oportuna de agua se refiere, a los días e intervalos que transcurren entre dos riegos, es decir, a la aplicación de agua en el día apropiado. Porque, si se dejan muchos días entre riegos, se corre el riesgo de que el agua almacenada en el suelo se acabe y, por lo tanto, la planta se puede marchitar. Si el riego es muy frecuente el agua se pierde por

escorrentía, se puede producir encharcamiento, disminuye el contenido de oxígeno en el suelo, se limita el desarrollo de raíces y la toma de nutrientes.

3.5.8.1. Demanda hídrica del cultivo de tomate.

Para determinar la demanda hídrica es necesario saber la cantidad de agua que necesita un cultivo de tomate y esto dependerá de la capacidad del suelo para retenerla, la cantidad de precipitación o tasa de aplicación neta del sistema de riego, eficiencia del sistema de riego, tasa de evapotranspiración del huerto y la etapa fenológica en que se encuentra.

3.5.8.1.1. ¿Cómo regar?

Los sistemas de riego más utilizados en Chile son:

1. Sistema de riego por surco: Consta de dos grandes componentes, la conducción del agua desde la fuente hasta el potrero y la distribución del agua a los surcos. Para asegurar la uniformidad del riego, en primer lugar es indispensable determinar el número de surcos que se regaran simultáneamente de acuerdo al caudal disponible y luego se garantice que a todos los surcos entrará la misma cantidad de agua. Este sistema de riego es el más ineficiente (Alvarado, 2009). Además, tiene la desventaja que se tiene mayor problemas con malezas debido a que el riego es sobre toda la superficie, debe de pasar cierto tiempo después del riego para realizar la cosecha o realizar la mayoría de otras actividades, baja calidad de fruta postrada en el suelo (manchado o pudrición) (Infoagro, 2019).
2. Sistema de riego por goteo. Este método consiste en aplicar agua en pequeñas cantidades en forma controlada a la zona radicular de las plantas. Radica en una serie de cintillas con emisores integrados que se colocan sobre la hilera, en donde se encuentran las plantas. Normalmente se obtiene mayor rendimiento y es más eficiente que los sistemas de riego por surco. Si se combina la fertirrigación y el uso de acolchados con un manejo adecuado, el incremento del rendimiento, calidad de producto y precocidad se mejoran en forma drástica (Alvarado, 2009). La Fertirrigación diaria con cantidades pequeñas de nutrientes evitara el stress por sal (salinidad) en la zona radicular o el agotamiento temprano de nutrientes (falta de nutrición), como podría ser el caso con aplicación semanales de fertilizantes (SQM, 2006).

El cultivo del tomate bajo invernadero desarrollado en la región de Arica y Parinacota está asociado normalmente a un equipo de riego tecnificado cuyas partes principales son la fuente de agua (pozo, canal, etc.) el cabezal de riego (bomba de impulsión, sistema de infiltrado, sistema de fertirrigación, entre otros), red de distribución de agua (tuberías principales, secundarias y terciarias) y emisores, entre los que sobresale la cinta de riego. Este riego tecnificado es el más utilizado en el valle de Azapa y le da mayor sustentabilidad a la actividad agrícola.

El requerimiento diario de agua para el cultivo de tomate en diferentes sistemas de cultivo varía de 0,89 a 2,31 L planta⁻¹ x día⁻¹. Donde en el sistema de riego por goteo se aplica con un 75% de evapotranspiración del cultivo (ETc), la cual es la cantidad óptima de riego para un clima húmedo con el fin de maximizar el rendimiento de cultivo (Lubascher, 2013).

3.5.8.1.2. ¿Cuánto y cuando regar?

La forma de lograr un buen riego, es mediante la programación de riego, que es una práctica de primera importancia especialmente en zonas de restricción hídrica permanente como la Región de Arica y Parinacota (Villavicencio y Villablanca, 2016).

Lo primero que debe reconocerse es que los cultivos requieren cantidades de agua diferentes a través de todo su proceso de crecimiento y desarrollo, por lo que el agricultor debe tomar conciencia que el tiempo de riego que aplica a su cultivo no puede ser el mismo durante toda la temporada (Villavicencio y Villablanca, 2012).

Establecer el momento del riego y las dosis, exige controlar el contenido de agua en la zona de raíces sin permitir que descienda por debajo del límite mínimo.

La programación del riego puede basarse en tres métodos: 1) Método del balance de agua en el suelo; 2) Métodos basado en parámetros del suelo, y 3) Métodos basados en parámetros de la planta (Cadahía, 2005).

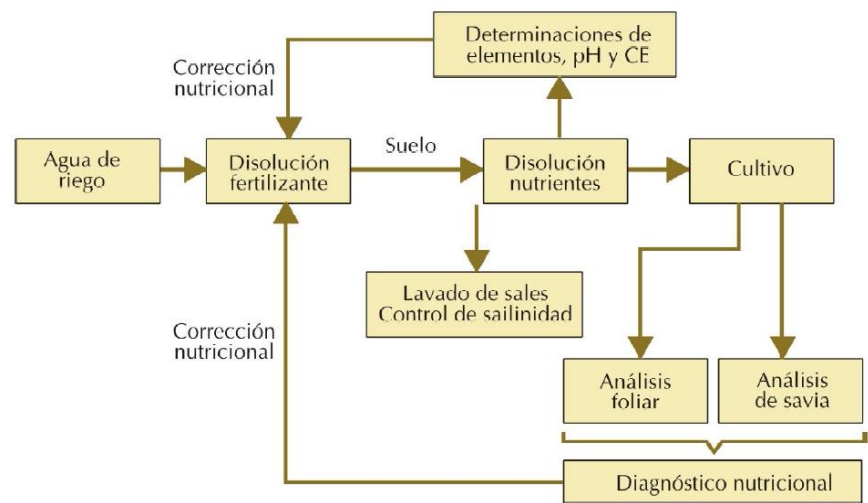
Por otra parte, la programación de riego se puede basar usando los registros de la Estación meteorológica Automática (EMA's) y bandeja de evaporación clase A, con el monitoreo continuo del contenido de agua en el

suelo (Antúñez et al., 2011). Por lo tanto, conocer algunos datos como: el coeficiente de cultivo, la evapotranspiración, el caudal del emisor, la eficiencia del sistema de riego, el área de mojamiento, entre otros, resulta de mucha importancia para el desarrollo adecuado del cultivo (Escaff et al., 2005).

Unos de los métodos más usados es el seguimiento de la humedad del suelo. En efecto, partiendo con un perfil de suelo a capacidad de campo, es importante el monitoreo y utilizar registros para mantener la humedad del suelo, indicando el momento adecuado del próximo riego y la cantidad de agua que debiera ser aportada al volumen radicular para volver a restablecer la capacidad de campo (Inia-Ururi). Donde, el coeficiente de cultivo tanto para plantas de tomate franca como injertadas varían considerablemente debido al mayor porcentaje de masa radicular y desarrollo vegetativo que presenta el injerto (Sepulveda et al., 2013).

Un buen diagnóstico nutricional requiere de un monitoreo continuo de parámetros visuales del cultivo, acompañado de análisis foliares y de la disolución fertilizante del suelo. Con los parámetros mencionados se pueden realizar correcciones de las dosis de fertilizantes a través de los equilibrios iónicos en el sistema de fertirriego (Figura 15) (Inia-Ururi). En el perfil del suelo mineral se encuentra la disolución fertilizante que aplicamos diariamente a nuestro cultivo a través de los poros presentes en él, los cuales permiten el desarrollo y la nutrición de las raíces del cultivo y toda la actividad del suelo. Cuando la retención de humedad del suelo es baja, los riegos son más frecuentes y con menor tiempo de duración para evitar que se lixivie la solución nutritiva, evitando al mismo tiempo el estrés de la planta por falta de agua (Velasco et al., 2011).

Figura 11. Interacción de la disolución de fertirriego.



Fuente: (Cadahía, 2005).

Debido a la dificultad del uso de bandejas de evaporación al interior de un invernadero para estimar el tiempo de riego y la frecuencia, se utiliza baterías de tensiómetros a distintas profundidades y/o lisímetros. Los primeros se colocan a 60 cm, con el objetivo de determinar la frecuencia y el tiempo de riego (Escaff et al., 2005).

Este método, utiliza sondas que registran la humedad porcentual (Data Collection System), las cuales se almacenan en un software. Los tensiómetros, han sido muy utilizados en los riegos localizados de alta frecuencia. Un tensiómetro, mide la presión con que el suelo retiene el agua, que representa a su vez el esfuerzo que deben hacer las raíces de las plantas para absorber agua. Dicha tensión será mayor cuando menor sea el contenido de agua del suelo y variará con el tipo de suelo (Cadahía, 2005).

Experiencias nacionales señalan que el óptimo rango de riego para obtener los máximos rendimientos en tomate, es regar cuando los tensiómetros ubicados a una profundidad de 25 a 50 cm marquen 50 a 70 centibares. Así mismo se ha determinado que la mayor sensibilidad del rendimiento al estrés de humedad se produce en la etapa de floración.

Es conveniente establecer que el riego óptimo al cultivo habitualmente produce un periodo de maduración más largo. En términos prácticos es más fácil utilizar un sistema combinado, así mediante la información de evaporación de bandeja A se establece la cantidad de agua que es necesaria aplicar en el riego y con las estaciones tensiométricas se podrá determinar cuándo aplicar (Alvarado, 2009).

Según Tapia y Gonzales, 2014, el rango aproximado de aplicación de agua en un período de 5 meses de cosecha es de 4.500 a 5.000 m³ ha⁻¹. Para el valle de Azapa bajo invernadero con riego por goteo de eficiencia 90%.

Gran parte del éxito de un sistema de riego localizado en cuanto a lograr un óptimo uso de los recursos hídricos prediales, es la permanente revisión e inspección de equipos y piezas claves del sistema, constituido por las unidades de impulsión, fertirrigación, filtraje y automatismos y control de flujo dependiendo del sistema de riego que se esté utilizando en el predio. Esto tiene aún mayor importancia en ambientes donde la permanente escasez de agua es la condición habitual para el desarrollo la producción agrícola, como es el caso de los valles costeros de la Región de Arica y Parinacota (Villavicencio y Villablanca, 2016).

Otra estructura fundamental para asegurar el riego diario de los cultivos es el estanque acumulador, el que puede estar revestido con diferentes materiales, como PVC, cemento, polietileno, entre otros. Esta estructura permite reducir al mínimo la pérdida de agua por infiltración, pudiendo almacenar el agua de riego proveniente de pozo o canal, y con ello asegurar el riego en cultivos donde la demanda de agua es elevada (Villablanca y Cajías, 2016).

Cabe destacar que, la presencia de partículas y algas en los estanques puede producir obstrucción en los emisores o goteros del sistema de riego, afectando el normal crecimiento de las plantas, reduciendo la producción y el tamaño o calibre de la fruta, siempre que no se realicen labores periódicas preventivas a nivel del estanque o cabezal de riego (Villablanca y Cajías, 2016).

Algunas recomendaciones generales para mantener óptimo el sistema de regadío podrían ser:

- ❖ Revisar diariamente el normal funcionamiento de laterales y emisores, para detectar fugas o pérdidas de agua que alteren la normal distribución de presiones y caudales. Para evitar estas obstrucciones en los emisores, se deben realizar manejos que permitan disponer de agua libre de impurezas, se recomienda implementar estructuras de prefiltrado al estanque acumulador como es el desarenador o

decantador, que corresponde a una estructura más ancha y profunda que el canal, diseñada en función del caudal y las partículas que transporta, teniendo como objetivo, disminuir la velocidad del agua facilitando que las partículas más pesadas decanten en el fondo.

- ❖ Revisar al menos una vez a la semana el nivel de algas en los estanques acumuladores de agua. Se sugiere cubrir estanque con malla Rachel de 80% de sombreamiento o plástico (ya que bajo condiciones de oscuridad se reduce la proliferación de estos organismos), como medida de control más permanente. Es posible incorporar sulfato de cobre al agua en dosis de 2 a 5 g/m³, dependiendo de la población de algas. Una precaución que se debe tener con la aplicación de Sulfato de cobre es que si el agua es rica en Calcio, pueden provocar precipitados de Sulfato de calcio.
- ❖ Con altas concentraciones de algas, asociadas a una baja mantención de los equipos de filtración del sistema de riego, es muy probable que una parte importante de ellas ya se encuentren dentro de las tuberías del sistema de riego presurizado y en los emisores de riego. Ante esta situación, se debe realizar un “despiche” de las tuberías terciarias y terminales de las líneas de los emisores. Si la presión de algas y material orgánico es importante, esta limpieza debe realizarse de forma periódica.
- ❖ Abrir el extremo de dos o tres laterales de riego por sector, para determinar las necesidades de lavado. Además de,
- ❖ Revisar manómetros, válvulas de bola, de compuerta, de aire y válvulas eléctricas y,
- ❖ Revisar conexiones eléctricas del sistema automático de control de riego, si lo amerita.
- ❖ Revisar al menos una vez al mes, el funcionamiento de los filtros de grava (si corresponde). Es necesario verificar el nivel de la grava dentro del filtro, ya que siempre se pierde algo de su contenido por retrolavado. También se debe revisar el estado de la grava, si está muy sucia, sacarla del filtro y lavarla y,
- ❖ En motores a bencina, se debe realizar mantenciones como cambio de aceite, filtro de aire y bujía, según la periodicidad que indique el fabricante.
- ❖ Revisar al final de la temporada, la mantención de bombas tanto de superficie como de pozo profundo y
- ❖ Pintar de blanco toda la tubería de PVC expuesta a la luz solar.

La calidad física del agua es un factor muy importante en el manejo de los sistemas de riego localizado. El uso de un desarenador, es una alternativa, el cual permitirá mejorar la calidad física del agua previo a la entrada de ésta en el estanque acumulador (Este sistema de pre-filtrado debe siempre considerarse cuando el agua del canal de aducción contenga una gran proporción de partículas inorgánicas (arena, limo, arcillá) en suspensión.). El desarenador es una estructura simple que consiste en un ensanchamiento del canal de aducción junto con un aumento de la altura de agua dentro de él. La función principal del desarenador es disminuir la velocidad del agua, permitiendo la decantación de las partículas más pesadas. A su vez, una baja velocidad del agua permite que el flujo tienda a ser del tipo laminar para no producir turbulencias que levanten las partículas desde el fondo (Villablanca y Cajías, 2016).

3.5.9. Colocación de postes o tutorado.

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida. Facilita el manejo general de la plantación y evita que los frutos toquen el suelo (Rojas y Castillo 2007). Se realiza de quince a veintidós días posteriores al trasplante. Los postes se colocan al centro de cada camellón y generalmente con una distancia entre postes de 2,5 m a 3 m de largo. En las cabeceras o al final de cada camellón se coloca un poste de bambú con mayor grosor que el de los internos. Se recomienda enterrar los postes a 40 cm o 50 cm de profundidad y con una altura aérea de 2.5 m, para dar mejor soporte a las plantas y facilitar su desarrollo final (Monge, 2016).

3.5.10. Conducción y poda de la planta.

El tomate es una planta herbácea decumbente, es decir, que no puede soportar su propio peso en las que en etapas posteriores el tallo se lignifica parcialmente, pero la debilidad de su cuello exige el empleo de un sistema de conducción en la planta que se realiza de diversas formas según el criterio y experiencia del agricultor. En las variedades indeterminadas se hace necesario utilizar un sistema de conducción vertical, Escaff (1993) indica que los objetivos de la conducción en altura son poder desprender del suelo los frutos, reduciendo los riesgos de daños físicos por plagas y enfermedades, lo que permite mayor exposición de la planta hacia la luz (lo que permite una mejor coloración y más rápida maduración) y un mejor aprovechamiento del espacio dentro del invernadero. Además, facilita la realización de manejos

agronómicos y fitosanitarios del cultivo, con el propósito de obtener un mayor potencial productivo (Torres, 2017).

La conducción de la planta se realiza cuando las plantas alcanzan los primeros 30 centímetros, de manera que no se caigan y dificulten los manejos posteriores. Se realiza con hilos de polipropileno (rafia), anudada desde la base del tallo y enrollada a lo largo de la planta a medida que va creciendo y que se amarra a una estructura de alambre de entutorado grueso que pasa paralelamente a la línea de plantación a una altura de 2 m o 3 m aproximadamente (puede ser mas, dependiendo de la infraestructura), que a la larga, sostiene el peso de las plantas del invernadero. Una variación en este manejo es la conducción de las plantas en forma de “V”, que consiste en orientar una planta a la izquierda y la siguiente a la derecha. Con este sistema se logra una mayor aireación y mejor llegada de luz al cultivo (Torres, 2017).

Conforme la planta va creciendo, ésta se va liando o sujetando al hilo tutor mediante envoltura del tallo o anillos, hasta que la planta alcanza el alambre, lo cual en el ciclo largo ocurre en los primeros meses de invierno para la zona de Arica. A partir de este momento hay que bajar la planta descolgando el hilo (Orientar las plantas hacia cada lado de la mesa, de manera de simular tener dos hileras. Los dos brazos van hacia un mismo lado. Esta labor se realiza cuando el segundo eje se obtiene de la axila de la hoja inmediatamente bajo el primer racimo del eje principal), lo que es una labor demandante de mano de obra, muchas veces extra a la que normalmente lleva el cultivo. Existe una variante de este tipo de sujeción, que comienza a imponerse, en el cual se usan ganchos metálicos con hilo enrollado en ellos, sistema de gancho y descuelgue o tipo holandés, para ir dejándolo caer por gravedad a medida que la planta va creciendo, sujetándola al hilo mediante clips (Gázquez et al., 2013).

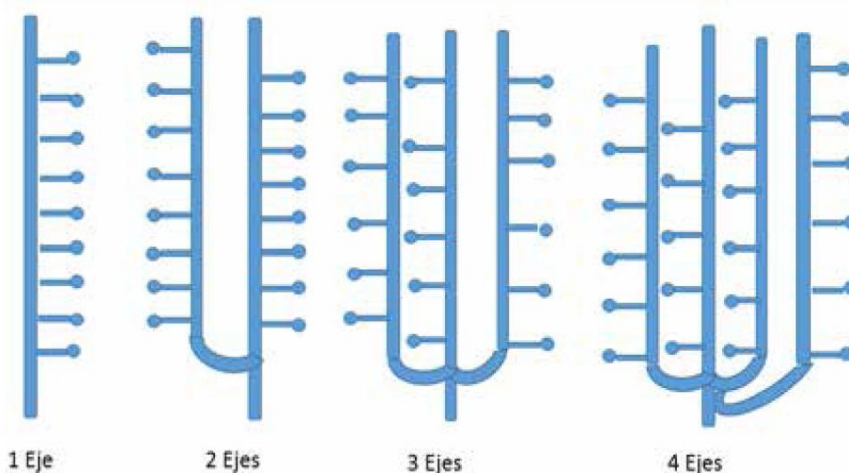
En detalle, el sistema holandés consiste en que una vez que las plantas tengan cosechado hasta el segundo o tercer racimo y previo deshoje de todas las hojas hasta el racimo en cosecha, el encargado de las plantas descuelga el gancho ubicado en el emparronado y baja entre 40 y 60 cm cada eje de la planta. Mientras menos sea el largo de tallo bajado menos daño potencial se le hace a la planta, pero mayor necesidad de mano de obra se requiere por unidad de superficie (Castellá et al., 2014)

Luego, arreglar de racimos dejando una cantidad predeterminada de frutos por racimo. Se trabaja máximo a cinco frutos, pero se debe reducir este número desde el sexto racimo a cuatro por racimo. Lo recomendable es trabajar siempre a cuatro frutos por racimo para ciclos largo si se busca mantener calibre grande. No olvidar despejar los racimos, es decir, sacar la hoja que no permite la llegada de luz, una por cada racimo. Se prefiere la hoja central entre cada racimo (Castellá et al., 2014)

Otras de las prácticas culturales que se realiza para obtener plantas bien nutridas y equilibradas son la poda y deshoje. Esta técnica logra que los frutos no queden ocultos entre el follaje manteniendo el cultivo aireado y libre de condensación, evitando la aparición de enfermedades fúngicas como Oídio. Las podas no deben ser excesivas, porque deja el fruto descubierto completamente provocando el conocido "golpe de sol", el cual afecta negativamente la calidad del fruto y asimismo supone una disminución en la cosecha tanto mayor sea la poda (Muro et al., 1994).

La poda de formación es una importante para los cultivares de crecimiento indeterminado e injertadas, se realiza entre los veinte y treinta días posteriores al trasplante. Consiste en dejar uno, dos o tres ejes (tallos) por planta (en el valle se trabaja con un solo eje en plantas francas y dos ejes en plantas injertadas). Lo más común es utilizar dos ejes por planta, conservando el tallo con mayor vigor y grosor y el eje ubicado por debajo de la primera inflorescencia, a fin de formar una arquitectura en forma de V. A través de esta práctica se eliminan los primeros tallos laterales y las hojas más viejas que se hallan por debajo del primer racimo floral (Escobar y Lee, 2009).

Figura 12. Esquema de sistemas de conducción con 1, 2, 3 y 4 ejes.



Fuente: Manual de cultivo de tomate en invernadero. Torres, 2017.

La poda de brotes axilares, "desmamoneo" o poda de formación se realiza hasta el final del cultivo. Se basa en la eliminación de los brotes axilares o yemas y tiene el propósito de mejorar el desarrollo del tallo principal (Figura 12). Se realiza en forma periódica a lo largo del cultivo y se puede hacer manualmente cuando los brotes son menores a 10 cm. Cuando son más grandes, es recomendable la utilización de herramientas como tijeras finas. Se recomienda realizar estas labores en la tarde, ya que en este horario existe una alta temperatura entre 20 y 25°C y una humedad ambiental bajo el 50%, lo que permite una cicatrización más rápida de las heridas del corte de los brotes, y de esta forma, se disminuye el porcentaje de ocurrencia de enfermedades, junto con la aplicación de un fungicida-bactericida para evitar la entrada de patógenos a la planta (Torres, 2017). La eliminación no debe ser superior a los 5-6 cm de longitud para disminuir las heridas de mayor diámetro, por donde es muy fácil la entrada de enfermedades fúngicas como *Botrytis* (*Botritis cinerea*) (Infoagro Systems S.L. 2016).

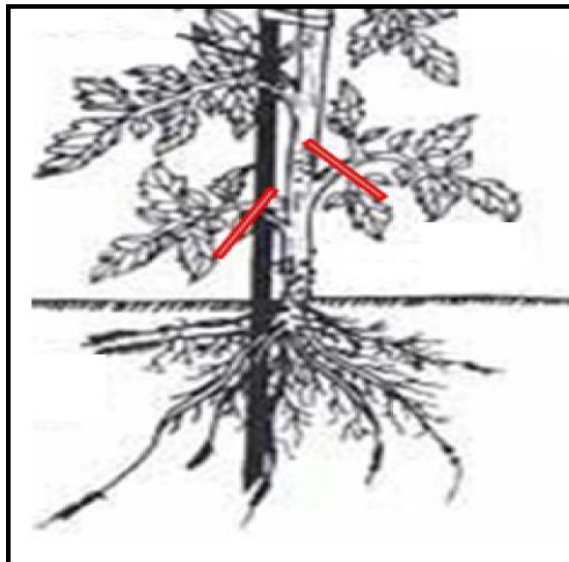
Figura 13. Eliminación de brotes laterales o tallos secundarios.



Fuente: Sepúlveda *et al.* Poda y deshoje en cultivo de tomate bajo malla antiáfido en el valle de Azapa. 2013.

El deshoje basal del cultivo, consiste en la eliminación de las hojas inferiores a medida que los frutos de los primeros racimos comienzan a madurar, extendiéndose hasta el término de la cosecha (Figura 14). Serrano en 1996, indica que esta operación está orientada a favorecer la aireación de la planta (controlando Oídio y *Alternaria*). Siempre se debe dejar al menos una hoja bajo el racimo que no ha logrado calibre comercial en sus frutos. Posteriormente el deshoje se recomienda para bajar las plantas. Siempre se debe mantener entre 12 y 15 hojas activas por tallo para no comprometer vigor. Se sugiere realizar este manejo en horas de la tarde con temperaturas entre 20 y 25°C y humedades bajas de alrededor de 50% para disminuir la ocurrencia de enfermedades (Torres, 2017).

Figura 14. Deshoje basal.



Fuente: Sepúlveda *et al.* Poda y deshoje en cultivo de tomate bajo malla antiáfido en el valle de Azapa. 2013.

Figura 15. Deshoje lateral, eliminación de 1 o 2 hojas intermedias.



Fuente: Sepúlveda *et al.* Poda y deshoje en cultivo de tomate bajo malla antiáfido en el valle de Azapa. 2013.

La eliminación del brote apical en el cultivo de tomate, es una práctica que se realiza cuando se determina el último racimo que se planifica cosechar. El despunte favorecerá el desarrollo y cuajado del último racimo y, el crecimiento de los frutos que quedan en la planta, debido a que frena el desarrollo vegetativo, introduciendo un cambio en el reparto de asimilados que son destinados principalmente hacia los frutos, aumentando el calibre de los mismos. Se recomienda dejar de una a dos hojas por encima de la última inflorescencia para dar sombra, nutrir el ramo y proteger el fruto del golpe de sol. Generalmente se realiza entre el sexto y el octavo racimo floral. El manejo de esta poda depende del cultivar a sembrar, las condiciones climatológicas, el desarrollo de la planta y su vigor, así como de las exigencias del mercado (Escalona *et al.* 2009).

En la bajada de planta, soltar el gancho de conducción, dar 60 a 70 cm de cinta libre y volver a colocar el gancho a 60 - 70 cm de su posición original. El tallo debe quedar sobre la mesa, no en el pasillo (Castellá et al., 2014).

La eliminación de hojas debe contemplar las medidas sanitarias necesarias para disminuir el riesgo de enfermedades bacterianas y fungosas que pueden ingresar por la herida y manipulación de las plantas. El corte de la hoja se debe hacer con cuchillo a ras del tallo, sin dejar ninguna protuberancia y se deberá pintar la herida con una pasta fungicida inmediatamente. El cuchillo utilizado debe ser siempre desinfectado (Camacho et al., 2009).

3.5.11. Raleo de frutos.

Este manejo se realiza para homogenizar e incrementar calibre de los frutos, ya que los racimos podrían producir más de seis flores (potenciales frutos). El criterio para eliminar o ralear las flores de un racimo es descartar las flores menos vigorosas (distales) dejando las más grandes. De esta forma se regula una carga adecuada para lograr el rendimiento apropiado, de acuerdo al estado fisiológico de la planta (Torres, 2017).

Para plantas injertadas se recomienda de 3 a 4 frutos por racimo para obtener calibres comerciales. El rendimiento de una planta de tomate depende tanto del numero como del peso de los frutos (Ho y Hewitt, 1986) y la relación que exista entre ellos (Castro, 1991).

3.5.12. Control de malezas.

Las malezas son plantas indeseables, de cualquier especie vegetal, capaces de crecer de forma silvestre y no son el objeto directo de las actividades agrícolas, que compiten con el cultivo y afectan las cosechas (Enríquez, 2015).

Las malezas compiten por luz, agua y nutrientes del suelo, algunas son capaces de excretar al medioambiente sustancias alelopáticas y son hospederas de patógenos e insectos plaga, aunque algunas de ellas pueden proveer refugio o alimento a enemigos naturales de plagas de los cultivos (Escobar y Lee, 2009).

En lo que respecta al cultivo de tomate, la época crítica de competencia ocurre entre los treinta y cinco y los setenta días después del trasplante (Enríquez, 2015).

A continuación, en la tabla 16, se presentan algunas prácticas culturales para el control de malezas.

Tabla 19. Prácticas culturales para minimizar la competencia de las malezas.

Tipo de Práctica		Descripción de la Práctica
Prevención		Contempla cualquier práctica que reduzca La introducción, el establecimiento y La diseminación de nuevas malezas a otras áreas. Limpiar los equipos de Labranza y Las herramientas y utilizar trasplantes Libres de semillas o propágulos de malezas son maneras de prevenir el ingreso de nuevas malezas al área de siembra.
Interferencia de los cultivos		Es el uso de diferentes técnicas como la siembra de multicuttivos, el aumento de la densidad de siembra, el empleo de una variedad precoz y de crecimiento rápido, para que escape de la competencia de las malezas, o de coberturas vivas para reducir nichos disponibles para las malezas.
Periodo de plantación del cultivo.	de del	Se efectúa el trasplante de tomate con treinta días de ventaja del cultivo ante las malezas presentes en un lote.
Enmiendas de suelo		Se aplican enmiendas para hacer el cultivo más competitivo.
Manejo de agua		El riego por goteo es localizado y favorece al cultivo, aunque no a las malezas.
Rotación de cultivo		Si el mismo cultivo se desarrolla continuamente durante varios años en el mismo lote, las malezas presentes pueden generar poblaciones altas y ser de difícil combate. Un ejemplo en el cultivo de tomate es rotar el terreno con una gramínea.
Uso de Acolchado		Son capaces de inhibir la germinación de las semillas de malezas y se pueden usar residuos de cosecha de gramíneas o plásticos.
Deshierba o control mecánico		Se hace con machetes o azadones dos o tres veces durante el ciclo del cultivo.

Fuente: Shenk, 2010.

Como el cultivo del tomate presenta un sistema de riego por goteo, la cual disminuye la incidencia de malezas, complementando el uso de “mulch”. Por lo tanto el control si es que es requerido, es manual y/o mecánico.

3.5.13. Polinización del tomate.

En cultivos de tomate bajo invernadero, túneles o malla, las corrientes de aire son de menor intensidad y la presencia natural de insectos polinizadores es reducida, en parte porque la flor del tomate no produce néctar, por lo que no se genera un adecuado movimiento de la flor y la polinización no es efectiva. Para resolver este problema, han sido desarrolladas diferentes tecnologías que incrementan la polinización del tomate. Entre ellas se encuentran vibradores eléctricos para la planta, sopladores de aire, aspersión de agua pulverizada sobre las flores, vibraciones de los tutores de alambre, aplicaciones de agroquímicos y más recientemente, el uso de colmenas del abejorro *Bombus* terrestres (Torres, 2017). En otros países se ha comprobado que esta práctica incrementa en un 34 % la producción, además de eliminar la malformación de la fruta (Escobar y Lee, 2009).

Existen diversos factores que afectan la floración del tomate, entre los que se encuentran la temperatura (la floración del tomate va de 18 a 25°C), la humedad relativa (entre el 60 a 70% de HR) y, en menor medida, la luminosidad. Cuando se cultiva tomate en invernadero, particularmente fuera de temporada, estos factores eventualmente pueden limitar el desarrollo de los procesos de inducción floral, polinización, fecundación y cuaja (Torres, 2017).

El uso del abejorro *B. terrestris* se consolida en 1985, cuando en Bélgica se descubre el valor de esta especie para la polinización de tomate en invernadero. El rápido incremento en el uso de abejorros ha sido explicado por: 1) Menor costo en comparación a la polinización mecánica, principalmente en el ítem mano de obra y equipos, 2) El nivel de visitas del abejorro a las flores puede ser fácilmente monitoreado, porque cuando visitan una flor, con sus mandíbulas se agarran del como que forman las anteras y dejan marcas visibles de las mordeduras de color marrón sobre la estructura amarilla de los estambres, 3) Aumento del rendimiento y fruta de mayor calidad, con el consecuente mejor precio y rentabilidad (Torres, 2017).

Los abejorros utilizados mundialmente son 5, los más importantes son *Bombus terrestris* originaria de Eurasia y *Bombus impatiens* de América del Norte. En Chile existen tres especies: *B. dahlbomii* (nativa de Chile y Argentina), *B. ruderatus* (introducido de Nueva Zelandia) y *B. terrestris*

(introducido de Israel y Bélgica). No obstante, como resultado de su introducción en nuevas áreas, existen antecedentes de su establecimiento y amplia distribución en áreas naturales, como lo ocurrido en Chile con *B. terrestris* y sus probables interacciones y/o competencia con al menos el abejorro nativo *B. dahlbomii* (Torres, 2017).

Las colonias de *B. terrestris* que ofrecen las empresas productoras y distribuidoras vienen en cajas de cartón o plástico, especialmente diseñadas para su transporte, manipulación, ventilación y desarrollo de la colonia. La experiencia indica que es recomendable su reposición después de 4 a 6 semanas (depende las aplicaciones de agroquímicos y condiciones ambientales de luz, humedad y temperatura). Inicialmente las colmenas vienen con una reina, 50 a 60 obreras y el nido o cría (huevos, larvas y pupas). Además, cuenta con una provisión de azúcar diluida en agua suficiente para su subsistencia.

El número de colmenas que se recomienda usar en invernaderos de tomate es una colmena por cada 2.000 a 3.000 m² de cultivo, dependiendo de la variedad de tomate, densidad de plantación, estación del año y manejo del cultivo. También se utiliza la recomendación de una colmena cada 3.500 a 5.000 plantas, dependiendo de las variables indicadas. Tapia y González (2014). Recomiendan 4 colmenas cada 2.500 m², y de esta manera realizar una adecuada polinización.

Capítulo IV: Enfermedades del cultivo del tomate.

Para que ocurra una enfermedad es necesario que existan en forma simultánea tres factores fundamentales: un hospedero susceptible, un medio ambiente favorable y un agente causal. Si alguno de estos factores no está presente, no ocurrirá la enfermedad.

Entre los agentes causales destacan hongos, bacterias, virus y nemátodos, los que pueden provocar pérdidas importantes de rendimiento, como también en la calidad comercial de los tomates bajo invernadero. Estos agentes pueden afectar a las plantas en diferentes estados de desarrollo y disminuir su vida útil. Dependiendo de la incidencia y severidad de los problemas fitopatológicos, pueden transformarse en factores limitantes para la producción, provocando pérdidas económicas a los productores.

La incidencia y severidad de estas enfermedades depende del organismo que las causa, la susceptibilidad de la planta y el medioambiente.

Las enfermedades que afectan al cultivo del tomate deben ser manejadas de manera de minimizar los efectos nocivos que éstas tienen sobre las plantas, evitando una contaminación del medioambiente con fungicidas químicos y minimizando los costos de control de manera de no afectar la productividad del cultivo.

4.1. Enfermedades fungosas.

Distintos patógenos pueden afectar severamente la producción de tomate, especialmente en sistemas intensivos de producción, que no consideran la rotación de cultivos. Esta situación es frecuente en invernaderos con cubierta plástica y con malla antiáfidos (cultivo forzado) de la Región de Arica y Parinacota, donde se realiza monocultivo, debido al buen precio que tiene el producto ya que representa el principal ingreso económico de los agricultores de la Región (Sepúlveda, 2014)

Los patógenos más frecuentes que causan problemas al cultivo de tomate en la Región de Arica y Parinacota son:

- ✚ Fusariosis o Marchitez: Enfermedad causada por el hongo habitante del suelo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, patógeno que puede

sobrevivir casi indefinidamente debido a la formación de estructuras de resistencia llamadas clamidosporas. Este microorganismo afecta solamente a plantas cultivadas de tomate y a ciertas especies de tomate silvestre. Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan inicialmente en el follaje como amarillamiento, marchitez el que avanza hacia el ápice, terminando por secar la planta (Foto 2). A nivel radicular produce necrosis y podredumbre y desde allí compromete los vasos conductores (xilema). El hongo puede permanecer en el suelo por varios años en ausencia de su hospedero y se ve favorecido por temperaturas de suelo elevadas, entre 22 y 32°C (óptima 28°C), suelos arenosos y ácidos, días cortos y abundante humedad. La penetración del hongo a la planta se realiza principalmente por la zona de elongación de la raíz y puede facilitarse por heridas o ataques de insectos o nemátodos (nemátodo de la raíz, *Meloidogyne* spp.; nemátodo de las lesiones radiculares, *Pratylenchus* spp.).

✚ Verticilosis: Enfermedad que puede ser causada por los hongos *Verticillium alboatrum* y *Verticillium dahliae*. Para esta última especie se conocen dos razas: raza 1 de amplia distribución en el mundo y la raza 2, descrita para Estados Unidos y en Chile. Estos patógenos al igual que *Fusarium*, presentan estructuras de resistencia formadas por compactación del micelio, de color oscuro llamadas microesclerocios, que pueden permanecer en el suelo por muchos años aún en ausencia de su hospedero. La penetración del hongo se ve favorecida por heridas en las raíces. Ante buenas condiciones de humedad y nutrición, los primeros síntomas son parches amarillos en las hojas inferiores, venas y manchas secas color marrón, las hojas pueden marchitarse y desprenderse. Su desarrollo se favorece con temperaturas templadas a cálidas, siendo el óptimo entre 20 y 25°C.

✚ Pudrición Gris: Es una enfermedad causada por el hongo *Botrytis cinerea* (Teleomorfo=*Botryotinia fuckeliana*), capaz de infectar a las plantas de tomate en cualquier estado de desarrollo, es decir, desde almaciguera a cosecha. El patógeno es favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas cercanas a los 20°C. Sobrevive en el suelo o en residuos de plantas enfermas por largos periodos e infecta el tejido a través de heridas. Se disemina por la acción del viento y la enfermedad se ve favorecida por días nublados, condiciones húmedas y frescas o por la falta de ventilación. Los climas nublados, fríos y

húmedos son indispensables para el desarrollo de la enfermedad. Síntomas: Infecta a las plantas a través de lesiones, todas las partes superficiales de la planta y la infección inicial aparece como lesiones elípticas y acuosas, que pueden rodear el tallo y la planta muere. Manejo y control: como control cultural se puede reducir la humedad en los cultivos. Ventilación adecuada mejorando deshoje y desbrote. eliminar las malas hierbas, los restos de cultivo y las plantas infectadas no dejarlas en las cercanías del invernadero. Reducir fertilización nitrogenada y de calcio. Control químico: aplicación de fungicidas sistémicos o de contacto, de acuerdo a los autorizados por el SAG, teniendo en cuenta efecto residual y tiempo de carencia.

- ✚ Tizón temprano o mancha negra de la hoja: Es causado por *Alternaria solani*, Se dispersa por acción del viento, la lluvia, el salpique de la lluvia y restos de plantas enfermas. Sobrevive en el suelo y en residuos de cosechas por más de un año. Síntomas: Ataca la parte aérea de la planta de tomate y en todos sus estados de crecimiento, siendo las hojas maduras las de mayor incidencia. Sus síntomas se caracterizan por lesiones circulares o anilladas de color café a negro en hojas maduras. *Alternaria solani* produce estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, las cuales son capaces de sobrevivir por varios años en el suelo. Pueden sobrevivir como micelio, conidias y clamidosporas en la superficie de semillas de tomate, restos de plantas, malezas y otros hospederos solanáceos como berenjena, pimiento y papa. Manejo y control: el control cultural, se sugiere rotación de cultivos incluyendo especies de familias no susceptibles. Eliminar restos de cultivo enfermos mediante aradura profunda. Utilizar plantas provenientes de semilla certificada, libre de la enfermedad y desinfectada. Usar cultivares resistentes. Control químico: se sugiere aplicar fungicidas con una incidencia de 5%, que deben ser autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de la enfermedad. La periodicidad de aplicación depende del efecto residual y tiempo de carencia. Entre los ingredientes activos autorizados se encuentran: Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Fluopiram/Tebuconazole, entre otros.

- ✚ Oídio, peste cenicienta, moho polvoriento: La enfermedad del oídio es muy frecuente en invernadero debido a que existen las condiciones de humedad muy favorables para el desarrollo del agente causal. Puede

ocasionar severas pérdidas en el cultivo debido a que afecta la capacidad fotosintética de las plantas. El agente causal está identificado con las cepas *Leveillula taurica* (anamorfo: *Oidiopsis taurica*), *Oidiumneo lycopersici*, *O. lycopersicio*. Síntomas: Afecta el follaje de la planta e inicia con pequeñas manchas de color café amarillento en el haz de las hojas, que se vuelven necróticas en el centro y se puede mirar un micelio de color blanco en el envés (Figura 16). Seguidamente, las lesiones pueden unirse y la hoja se seca y se desprende. Los frutos se desarrollan pequeños y la producción se reduce. Las conidias del hongo son diseminadas por el viento. Control y manejo: el control cultural se debe eliminar restos de tomate y malezas enfermos tan pronto como termine la temporada de cosecha. Mantener los cultivos lo más ventilados posible. Controlar las plantas voluntarias y malezas hospederas. Control químico: se sugiere realizar aplicaciones preventivas con azufre mojable y curativas con fungidas autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de la enfermedad, como Azoxystrobin, Miclobutanilo, Triadimefon, Penconazol, entre otros.

Figura 16. Hoja de tomate afectada por oídio.



Fuente: Sepúlveda *et al.* Poda y deshoje en cultivo de tomate bajo malla antiáfido en el valle de Azapa. 2013.

4.2. Enfermedades bacterianas.

- ✚ Médula Negra (*Pseudomonas corrugata*): La Médula negra o necrosis medular es una enfermedad bacteriana de importancia secundaria en Chile, causada por *Pseudomonas corrugata*, que ha sido recientemente determinada en cultivos bajo invernadero en la Región de Arica y Parinacota. Esta enfermedad puede, en ciertas ocasiones, causar pérdidas de gran consideración. Casi siempre afecta en forma

de focos aislados, sin ser una enfermedad masiva. El síntoma inicial es una clorosis de las hojas nuevas, que aparecen cuando los frutos del primer racimo están totalmente desarrollados pero verdes aún. La bacteria ataca los tallos, donde produce estrías y ahuecamiento con ennegrecimiento de la médula. Después de los síntomas iniciales, las plantas que sobreviven pueden crecer normalmente y producir una buena cosecha.

✚ El cancro bacteriano del tomate: Es una enfermedad que reviste gran importancia en invernadero, debido a que puede propagarse muy fácilmente por las personas que realizan diferentes labores culturales en las plantas tales como poda, deshoje, desbrote, entre otras. A su vez, porque no existen medidas curativas de control. El agente causal de esta enfermedad es una bacteria habitante de suelo que se llama *Clavibacter michiganensis* sub especie *michiganse*. Condiciones de temperaturas de 24 - 28°C y alta humedad son muy favorables para el desarrollo del agente causal. Los síntomas de la enfermedad se ven como marchitez de los folíolos, que puede manifestarse en cualquier estado de desarrollo de la planta. Es frecuente que la enfermedad se exprese en forma unilateral en las hojas. La bacteria puede ser diseminada por semilla, constituyendo el primer foco de la enfermedad. También se disemina por movimientos de suelo, riego y viento. Por labores de poda, deshoje y trasplante. La bacteria sobrevive en semilla, en el suelo por uno a dos años, en plantas enfermas y en malezas como chamico, palqui y tomatillo. Control: Uso de semilla sana o desinfectada con hipoclorito de sodio (cloro comercial al 5%) al 1% por 30 minutos o agua caliente a 45°C.; Desinfección de suelo con Methan Sodio o 1,3 diclorpropeno + cloropicrina, o vaporización previo a la plantación.; Rotación de cultivos con especies no susceptibles.; Control de malezas solanáceas como chamico, tomatillo; Eliminar plantas enfermas. Desinfectar entre plantas los utensilios usados en poda, deshoje o desbrote con una solución de yodo. • Aplicación al follaje de productos en base a cobre (oxicloruro, óxido cuproso, sulfato de cobre), especialmente en almácigos y hasta antes de floración.

4.3. Enfermedades virales

Las inusuales condiciones climáticas de los últimos años, que a afectado a la región de Arica y Parinacota, se han caracterizado por temperaturas medias mensuales muy superiores al promedio histórico del valle, han traído como consecuencia la proliferación de diversos vectores de virus (áfidos, trips, mosquita blanca, entre otros), los que han potenciado el daño que causa este tipo de patógenos en las plantaciones de tomate.

Los virus en las plantas provocan enfermedades que pueden ser transmitidas o propagadas de diversas formas. Distintos vectores pueden diseminarlas y llevarlas a nuevas zonas, infectando hospederos como malezas y plantas cultivadas; para ello debe existir en el ambiente el agente infeccioso (virus), un vector y un hospedero.

Diversos virus pueden afectar al tomate en invernadero, el más frecuente entre ellos es el Bronceado del Tomate (Tomato Spotted Wilt Virus – TSWV) que se caracteriza por causar manchas circulares como también deformación de frutos, afectando severamente la calidad. Este virus es transmitido por trips, especialmente *Frankliniella occidentalis*. Otros virus presentes en el valle que afectan al tomate y los vectores descritos responsables de su transmisión, son: Tomato Ringspot Virus - ToRSV (Virus de la mancha anular del tomate) y Tobacco Mosaic Virus - TMV y Tomato Mosaic Virus-ToMV (Virus del mosaico del tabaco y virus del mosaico del tomate, respectivamente).

El Virus del Mosaico del tomate, perteneciente al grupo Potyvirus, cuyo agente vector o transmisor corresponde a insectos chupadores, llamados pulgones o áfidos (alados), que lo transmiten de modo no persistente. Es decir, el insecto pica una planta enferma e inmediatamente al picar otra planta, puede transmitir el virus.

Es importante mencionar que los virus no tienen control. Efectuar el control del insecto transmisor del virus (trips), disminuir las fuentes de inóculo provenientes de plantas infectadas, malezas, residuos de cosecha y frutos. Por lo tanto, lo único recomendable y mejor alternativa de control de estos agentes vectores es la exclusión, es decir proteger al cultivo con una malla que evite la entrada de los insectos vectores durante todo el período de cultivo (Sepúlveda *et al.*, 2010).

4.4. Principales plagas.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una estrategia sostenible, que combina diferentes herramientas de control. Entre sus características destaca el uso óptimo y reducido de plaguicidas, favoreciendo la acción de los enemigos naturales y el control biológico. Su fundamento está constituido por principios ecológicos que reconocen e interpretan los cambios en la dinámica poblacional de la plaga y sus relaciones.

Entre las plagas más importantes en la región de Arica y Parinacota están la mosca minadora (*Liriomyza*), las moscas blancas (*Bemisia* y *Trialeurodes*) y *Tuta absoluta* (López et al. 2016). A continuación se mencionan las principales plagas y su manejo.

4.4.1. Mosquita blanca de los invernaderos. *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood).

La mosquita blanca de los invernaderos presenta 4 estados de desarrollo: huevo, ninfa, pseudopupa y adulto. Tiene una metamorfosis incompleta y la duración del ciclo está asociada a la temperatura, reduciendo la duración a medida que las temperaturas aumentan en la temporada.

Todos los estados de desarrollo se ubican en el envés de las hojas. Los ataques se inician en los brotes recién formados, en donde las hembras depositan sus huevos. Durante su vida, una hembra puede poner entre 150 y 350 huevos. Las moscas adultas *Bemisia tabaci* tienen las alas inclinadas sobre el cuerpo y las *Trialeurodes vaporariorum* tienen las alas horizontales.

Afecta la planta desde la germinación hasta la cosecha y transmite virus. Los daños directos son provocados por la succión de la savia y amarillamiento, debilitamiento de la planta y caída de las hojas. Los daños indirectos son la proliferación del hongo fumagina sobre la mielecilla que excreta la mosca blanca, que mancha y deprecia los frutos y dificulta el desarrollo normal de la planta, así como la transmisión de virosis (hojas terminales enroscadas, moteados o enanismo cuando el ataque es significativo) y desarrollo de fumagina en hojas y frutos. Entre los principales enemigos naturales se encuentran los depredadores como *Tupiocori* spp., *Chrysoperla* spp. (Este depredador debe ser liberado al observarse los primeros ejemplares y concentrado en los focos presentes en la plantación), y los parasitoides de ninfas como *Encarsia Formosa* (Este parasitoide debe

ser liberado temprano, al ser detectados los huevos cercanos a la eclosión (negros). El nivel de parasitoidismo sobre mosquitas blancas puede alcanzar el 85% bajo condiciones de invernadero), *E. haitiensis*, *E. luteola*, *E. lycopersici*, *E. porteri* y *Eretmocerus corni*. Control: Instalación de mallas antiáfidos, para disminuir el ingreso de adultos de mosquita desde el exterior. Uso de cintas amarillas pegajosas para la detección y reducción de mosquita. Se deben instalar preferentemente en sectores de ingreso al módulo productivo y al inicio de las hileras, y siempre deben estar a la misma altura que el crecimiento apical.

4.4.2. Polilla del tomate. *Tuta absoluta* (Meyrick)

Esta plaga es originaria de Sudamérica. Se encuentra presente en Chile desde las regiones de Arica y Parinacota hasta la de Los Lagos. Corresponde a una plaga primaria, presente en todas las temporadas del cultivo. *T. absoluta* presenta cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto. Tiene una metamorfosis completa y la duración del ciclo está asociada a la temperatura, reduciendo la duración a medida que las temperaturas aumentan en la temporada.

El daño es provocado por las larvas, debido a que éstas se alimentan del tejido interno de las hojas formando galerías transparentes. Provoca daños en los frutos y la destrucción de las hojas y los brotes. Cuando la larva emerge, comienza a caminar y ubica su punto de penetración, rompe la epidermis y se introduce en la hoja, consumiendo el mesófilo, generando perforaciones y galerías internas. Si los ataques son en frutos recién cuajados, suelen deformarlos. Ambos daños afectan el valor comercial del fruto.

Entre los principales enemigos naturales están los parasitoides de huevos *Trichogramma nerudai*, *T. pretiosum*, *Trichogrammatoidea bractae*, y los parasitoides de larvas *Apanteles gelechiidivoris* y *Dineulophus phthorimaeae*.

El monitoreo de esta plaga se debe realizar a lo largo de todo el cultivo, muestreando al azar entre 2 a 4 plantas/nave, recorriendo el invernadero y revisando ovipostura en hojas apicales, presencia de larvas y daño de galerías en hojas.

Como medidas de control se puede instalar de mallas antiáfidos, para disminuir el ingreso de adultos de polilla. Como control biológico, uso de parasitoides del género *Trichogramma*, los cuales oviponen en el interior de los huevos de *T. absoluta* y otros lepidópteros. La dosis recomendada es 100 pulgadas de *Trichogrammas*/ha. Las liberaciones de este controlador se deben realizar cuando se observan los primeros huevos de *T. absoluta* en las hojas. La liberación se debe relacionar con la densidad y distribución de la plaga, colocando una mayor densidad en los focos detectados.

Como control químico, Instalación de feromonas, 16 difusores/hectárea para trapeo masivo y confusión sexual, se pueden utilizar trampas de agua o trampas delta con base pegajosa. Las trampas deben ser instaladas dos semanas antes del transplante, en el sentido de la hilera, para que las plantas no bloqueen el paso del viento que es fundamental para la difusión de la feromona. Las trampas deben ser revisadas periódicamente; aplicaciones foliares con capturas de 70 machos/día y 0% de daño; capturas de 50 machos/día con 6% de plantas con huevos y/o larvas; capturas de 25 machos/día y 10% de plantas con huevos y/o larvas y Uso de insecticidas biológicos, como es la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que actúa por ingestión. Esta toxina perfora la pared intestinal de la larva, la cual sufre una parálisis intestinal y deja de alimentarse, muriendo a los 2 a 4 días por septicemia. Como no tiene efecto translaminar se debe aplicar al observarse los primeros huevos en las hojas y repetirse a los 7 días.

4.4.3. Mosca minadora de las chacras. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard).

Es una especie polífaga, que ataca diversas hortalizas y plantas ornamentales, tanto al aire libre como invernadero. Este insecto presenta los estados de huevo, larva, pupa y adulto. El rango óptimo de temperatura para su desarrollo es entre los 20°C y 27°C. Los adultos son de color negro con manchas de color amarillo en cabeza y tórax, miden en promedio 2,2 mm, siendo las hembras de un tamaño mayor a los machos. Durante su vida, una hembra puede poner hasta 80 huevos, dispuestos preferentemente en el haz de la hoja.

El daño ocurre en las hojas, cuando los adultos perforan las hojas tanto para alimentarse como para depositar los huevos, lo que se evidencia como una serie de puntos blancos. Las larvas producen galerías angostas al

interior de la hoja, las que aumentan de tamaño a medida que la larva crece. Se reduce la capacidad fotosintética de la planta y, con ataques severos la hoja muere prematuramente.

Los principales enemigos naturales descritos en Chile son parasitoides de larvas como: *Diglyphus begini*, *Chrysochari* ssp., *Opius chilensis*, *Didimotropiscercius*, *Euparacrias phytomizae* y *Lamprotatus tubero*, y parasitoide de pupas como *Ganaspidium* sp.

El monitoreo se puede realizar con trampas amarillas con pegamento, en donde se observa a los adultos. Siendo las picaduras o puntos de alimentación el primer indicio del inicio de la infestación. Control físico: Instalación de mallas antiáfidos, para disminuir el ingreso de adultos de minador desde el exterior. Manejo cultural: Inspección de las plantas provenientes de la plantinera de manera de controlar las que vengan infestadas antes del trasplante; Deshoje y retiro de hojas con larvas y/o daño y Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y de la cosecha. Los principales enemigos naturales descritos en Chile son parasitoides de larvas como los himenópteros del género *Apanteles* y dípteros de la familia Tachinidae y, parasitoides de huevos del género *Trichogramma*. Control cultural: Preparación del suelo, mediante rastrajes para exponer a las pupas invernantes que se encuentran enterradas en el suelo a la deshidratación y Eliminación de malezas aledañas ya que son reservorio de las pupas invernantes. Control biológico: Los enemigos naturales ejercen su acción sobre huevos y larvas, destacándose las especies de dípteros de la familia Tachinidae, de los géneros *Actinoplagia*, *Archytas*, *Gonia*, *Incamya* y *Peleteria*. También sobresalen microhimenópteros de las familias Braconidae, Ichneumonidae y *Trichogrammatidae*, este último parasitoide de huevos; Como depredador de huevo en condiciones de campo en la zona central se destaca el chinche de la familia Anthocoridae, *Orius insidiosus* (Say). Control químico: Aplicaciones foliares: con un 2% de frutos dañados del primer racimo y cuatro larvas capturadas en 100 plantas se debe iniciar el control con algún plaguicida al cuello de la planta; Uso de insecticidas biológicos, como *Bacillus thuringiensis*, que actúa por ingestión. Esta toxina perfora la pared intestinal de la larva, la cual sufre una parálisis intestinal y deja de alimentarse y muere a los 2 a 4 días por septicemia cultivo del tomate bajo invernadero.

Tabla 20. Periodo y estructuras de monitoreo de las principales plagas presentes en el cultivo del tomate bajo invernadero.

Plaga	Estructura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mosquita blanca	Hojas												
	Fruto												
Polilla del tomate	Hojas												
	Fruto												
Mosca minadora	Hojas												
Gusanos cortadores	Planta												
	Fruto												

Fuente: Manual del cultivo del tomate bajo invernadero, 2017. Torres.

4.4.4. Nemátodos.

Los nemátodos parásitos son organismos microscópicos, que se alimentan y desarrollan en las raíces y raicillas de los cultivos, produciendo pérdidas considerables en los rendimientos. Su forma típica es alargada con ambos extremos aguzados. Su longitud varía entre 0,2 a más de 6 mm. En ciertas formas, la hembra adulta se ensancha notoriamente en el interior de los tejidos radicales, adquiriendo la forma de limón, pera o riñón, produciendo el llamado "nódulo o nudo de la raíz", características del género *Meloidogyne*. El ciclo de vida de la mayor parte de los nemátodos es simple y directo, pudiendo ser dividido en seis estados evolutivos: huevo, cuatro formas larvarias y adulto.

Los tomates sufren enormes daños por la acción de los nemátodos fitoparásitos. Aparte del daño directo que provocan, las heridas que dejan en las plantas son una puerta de acceso para algunos hongos, bacterias o virus (Sepúlveda et al., 2012).

Estos organismos, para alimentarse, perforan las membranas celulares con su estilete y se ubican fuera (ectoparásitos) o al interior del tejido de la planta (endoparásitos). Los primeros cumplen todo o la mayor parte de su ciclo evolutivo, en el exterior de la planta hospedera (entre el los

se encuentran los géneros *Xiphinema*, *Criconeмоide*, *Helicotylenchus*). Los endoparásitos, en cambio, penetran al tejido vegetal, total o parcialmente, produciendo nódulos, hinchazones, deformaciones o raíz de la planta afectada (*Meloidogyne*, *Pratylenchus*)

Capítulo V: Cosecha y postcosecha

El norte de Chile, particularmente el valle de Azapa y sus alrededores, es una zona especialmente propicia para el cultivo del tomate y constituye el lugar de origen de las especies *Lycopersicon peruvianum* y *Lycopersicon chilense*, las que conforman gran parte de la base genética de las variedades comerciales de tomate que actualmente existen (Rick, 1992).

En el valle de Azapa es posible completar el ciclo productivo del tomate en 9 meses (Doussoulín, 1991). La época de cosecha es desde julio a septiembre (ventana comercial de contra estación).

5.1. Cosecha.

El momento más importante para la vida poscosecha del fruto del tomate es el preciso instante de la cosecha. La calidad del fruto está principalmente relacionada con su olor, color (anaranjado, amarillo claro; sin hombros verdes), forma (redondo, globoso, globoso aplanado u ovalada, dependiendo del tipo o variedad), tamaño, ausencia de defectos, firmeza (firme al tacto. No debe ser suave ni debe deformar fácilmente debido a la sobre madurez) y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte (Castilla, 2001).

La madurez fisiológica es la etapa del desarrollo de la fruta en que se produce el máximo crecimiento y maduración. La madurez comercial valora las condiciones del fruto requeridas por un mercado. Puede no guardar relación con la madurez fisiológica, puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o envejecimiento y temperatura (López, 2017). La firmeza del fruto es una de las consideraciones más importantes y sirve para evaluar la calidad y su potencial en términos de transporte y almacenamiento. A medida que el fruto madura, resiste menos los daños mecánicos (Cerdas y Montero 2002, FAO 2007).

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 (Leiva, *et al.*, 2017)

La cosecha que se realiza para consumo fresco se lleva a cabo manualmente, siendo la persona que cosecha quien decide si el fruto ha

alcanzado la madurez necesaria para ser cosechado. Para ello el cosechador debe saber si el fruto alcanzó la madurez fisiológica y comercial (López, 2017). La cosecha se debe realizar con mucho cuidado para evitar hacerle heridas al fruto y este se debe colocar en tinas plásticas limpias, sin tirarlos, para evitar golpes, magulladuras y heridas (Cerdas y Montero 2002).

En la recolección manual se desprende el fruto del resto del racimo, mediante fractura del pedúnculo, 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).

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)

Una vez hecha la recolección, se deberá depositar el fruto en contenedores o en cajas de cosecha. No debe asolearse y debe llevarse al área de selección y empaque, cuidando que el tamaño y el peso de la caja no sean demasiado grandes para no dañarlo. Se lleva a cabo la limpieza y selección aplicando los criterios de color, tamaño y textura y en algunos casos también de peso.

Los criterios de calidad son establecidos según la demanda y exigencias del consumidor, este último basándose en las exigencias, gustos y preferencias del consumidor final. La calidad del tomate se principalmente en la uniformidad de la forma y la ausencia de defecto de crecimiento y manejo.

Tabla 21.Grados de madurez de la fruta de tomate.

Grados de madurez	Nomenclatura nacional	Características
1	Sazón	Superficie de la fruta verde 100 %, con cambio del tono y con estrella beige en el ápice floral
2	Sazón avanzado	Hay cambio de color hasta de un 10 % (rosado o amarillo)
3	Pintón inicial	Desarrollo de color amarillo, rosado o rojo superior al 10 % pero inferior al 30 %
4	Pintón medio	Desarrollo de color amarillo, rosado o rojo superior al 30 % pero inferior al 60 %
5	Pintón	Desarrollo de color rosado o rojo superior al 60 % pero inferior al 90 %
6	Maduro firme	Desarrollo de color rojo en más del 90 %, aunque se mantiene firme

Fuente: Meic-Mag, 2004.

Figura 17. Grados de madures del tomate, según su color.



Fuente: Quiros, S. 2017.

La cosecha debe realizarse preferiblemente en horas de la mañana para evitar la desecación del fruto, empleando tinas plásticas rectangulares, firmes y limpias, con aberturas a los cuatro lados para que el aire fluya (FAO, 2007).

Para el mercado local, el productor corrientemente realiza una preselección de los frutos, separando las calidades en primera, segunda, tercera y tomate descartado por daños mecánicos o daños por insectos, deformaciones de la fruta o enfermedades. Algunos agricultores instalan un sistema de lavado en la predio para comercializarlo directamente a los centros mayoristas, o bien, los transportan hacia un centro de acopio para venderlos (Carter, 2015).

Existen cuatro categorías según la calidad de los frutos a la clasificación concordada por los productores de Valle de Azapa:

- ❖ Extra: De forma redondeada u ovalada. Daño visible: ausencia de grietas de crecimiento; Peso: 400 gr. Color: rojo, anaranjado o amarillo (pintón).
- ❖ Primera: De forma redondeada u ovalada. Daño visible: ausencia de grietas de crecimiento; Peso: 200 gr. Color: rojo, anaranjado o amarillo (pintón).
- ❖ Segunda: de forma redondeada u ovalada. Daño visible: ausencia de grietas de crecimiento; Peso: 150 gr. Color: rojo, anaranjado o amarillo (pintón).
- ❖ Tercera: de forma redondeada u ovalada. Daño visible: ausencia de grietas de crecimiento; Peso: 100 gr. Color: rojo, anaranjado o amarillo (pintón).
- ❖ No debe presentar humedad exterior, ataques de insectos o enfermedades magulladuras, cicatrices, grietas, lesiones, impurezas, residuos de insecticidas o fungicidas.

Cuando se coseche se debe retirar todas las hortalizas que presenten daños y eliminarlas para evitar focos de contaminación (Obando et al., 2010).

Para la cosecha se debe considerar, según Tapia y Gonzales (2014):

- I. Manipular con precaución evitando golpes al fruto.
- II. Descartar aquellos frutos que muestren los siguientes defectos:- Decoloraciones marcadas (Tomato irregular rippening (TIR) y/o Blotchy rippening), los cuales se generan por desequilibrios de N/K.
- III. Pudrición apical del fruto (Blossom end rot) provocados por deficiencia de Calcio.
- IV. Hundimientos y decoloración.
- V. Presencia de insectos (Polilla del tomate).

5.2. Postcosecha.

La poscosecha es el manejo que se le entrega a las hortalizas una vez cosechadas. Los factores más importantes que influyen son la temperatura,

humedad y el estrés físico, derivado de heridas o roturas generadas en la cosecha.

El tomate es un fruto climatérico (madura aún después de ser cosechado con la madurez fisiológica requerida). Una vez cosechado el fruto, el proceso de maduración se acelera, así como la velocidad de la respiración y el contenido de etileno. Cuando las frutas climatéricas maduran, la velocidad de la respiración se eleva, llegando a un máximo, para luego declinar hasta comenzar el envejecimiento (FAO, 2007).

Corrientemente los productores de tomate cosechan la fruta de pintón inicial a pintón maduro. Cuando hay mayor demanda o se presenta escasez del producto, los agricultores cosechan el fruto en estado fisiológico, color verde con beige en el ápice distal (Cerdas y Montero, 2002).

La mayor parte de la tecnología poscosecha está dirigida a reducir la respiración del producto para mantener su calidad, pero las mayores pérdidas se dan al inadecuado control y consiguiente deterioro físico, fisiológico y microbiológico que se le da al tomate durante su almacenamiento y comercialización (Obando et al., 2010).

Se debe considerar en la poscosecha:

- I. Selección y empacado según diámetro/peso (primera, segunda y tercera).
- II. Manipulación del producto evitando golpes.
- III. Embalaje en cajas o toros de 20 Kg. aprox.
- IV. Almacenaje en área sombreada y fresca, con la humedad ambiental adecuada, sin presencia de animales domésticos y/o de otra índole. Es por eso que es fundamental recolectar en las mañanas cuando la temperatura del invernadero es menor.
- V. Almacenaje aislado del suelo.
- VI. Llenado de ficha correspondiente al lote cosechado por caja.

Otro aspecto importante a considerar es el cuidado en el manejo y el transporte del producto cuando se traslada a los centros de comercialización. Se debe evitar el maltrato del fruto, que puede provocar pérdidas poscosecha durante el transporte o en el anaquel.

5.3. Empaque

El empaque del tomate es la operación de colocar el producto dentro de envase (bandejas de plástico o madera etc.). Debe cumplir con tres normas básicas:

- Contener al Producto, es decir facilitar el manipuleo y distribución uniformando el número de Unidades o peso en su interior estandarizando su comercialización.
- Proteger al Producto de los daños mecánicos (impacto, compresión, abrasión Y heridas) Y condiciones ambientales adversas (temperatura, humedad relativa) durante el transporte, almacenamiento y comercialización.
- Proveer información al Comprador, tal como especie, variedad, peso, número de unidades, grado de selección o calidad, nombre del productor y/o empacador, país o zona de origen, etc.

El empaque de tomate en unidades de transporte o comercialización normalmente se realiza en cajones de madera de 20 kilos aprox. (toros), o cajas de plástico. Es necesario que este tipo de envases sea fácil de manejar y estibar, capaces de ser manipulados por una sola persona y de dimensiones apropiadas para adaptarse a los vehículos de transporte. Los cajones de tomates son reusables deben ser fácilmente lavables (cajas plásticas) y reparables en caso de las cajas de madera. Es muy importante que estén diseñados para soportar la carga para la que están destinados, de manera tal que alcancen el peso previsto sin necesidad de sobrellenado. Estos envases son llenados hasta llegar a la capacidad, peso o recuento deseados (Yampara, 2009).

5.4. Comercialización.

La Región se ha convertido en el principal abastecedor de hortalizas invernal de primores; que se comercializan hacia Iquique, Antofagasta (entre junio y noviembre), Copiapó, zona central del país (entre junio y septiembre), además del abastecimiento local y también exportación a otros países, alcanzando alrededor de 2 millones de consumidores principalmente de tomates, poroto verde, maíz dulce y pimientos, producidos por los valles de Azapa, Lluta y Chaca.

El uno de los principales producto es el tomate para la región y el valle de Azapa, que en los últimos diez años ha tenido un aumento en la superficie cultivada de un 89 % en la región. Este cultivo concentra los más importantes avances tecnológicos, permitiendo rendimientos de 20 toneladas por hectáreas a la fecha.

Una de los puntos más importantes para una buena comercialización es la elección de la variedad demandada por el cliente (consumidor en fresco, industria). Para lograr lo anterior, es necesario sondear las exigencias de los consumidores y las tendencias del consumo (Paredes, 2009).

Aquí, como en el resto de puntos de venta al por mayor, el productor maneja el concepto de calidad de acuerdo con la oferta y la demanda, siendo más riguroso cuando hay sobreoferta que cuando hay escasez del fruto.

Los canales de comercialización para el productor hortícola de Arica tiene cuatro opciones de venta:

- a) Llevar directamente la producción al terminal de acopio y abastecen básicamente a Santiago y otros mercados de influencia; puede vender a detallistas de la ciudad de Arica y en casos muy poco frecuentes, el productor podrá vender directamente al consumidor de Arica. Esta última opción solo se presenta cuando la demanda mayorista es débil y no queda otra salida que la venta al consumidor, lo cual implica que un pequeño agricultor debe disponer de 12 a 24 horas, con resultados usualmente poco positivos.
- b) El productor vende en el predio al camionero mayorista que abastece al Norte (Iquique, Calama Antofagasta y otras).
- c) El productor vende en el predio al camionero extrarregional, que lleva a Santiago.

Las opciones b. y c. ocurren especialmente cuando hay una fuerte demanda por las hortalizas debido a alguna escasez temporal. Ello hace que los camioneros no esperen la oferta en el terminal y acudan a los predios a disputarla.

El canal c. es también típico de grandes agricultores tecnificados, que tienen contratos de abastecimiento con comerciantes del centro del país. En este caso el camionero retira los productos en el “Packing” del agricultor.

d) Venta en predio al acopiador local. Se trata de un pequeño intermediario que dispone por lo general de una camioneta o similar y hace recorridos por los valles recogiendo la producción, principalmente de agricultores pequeños, algunos de ellos aislados y que no disponen de medio de transporte para acudir directamente al Terminal con su mercancía. Los acopiadores locales perciben un reducido margen de comercialización y venden en el Terminal a camionero y a detallistas de Arica. (IICA, 1986).

Los mercados potenciales de desarrollar en la Región de Arica y Parinacota, son aquellos representados por los Supermercados (Retail) y el Mercado Mayorista de la Región Metropolitana, donde los aspectos más destacados y valorados por los agricultores están el pago inmediato de los embarques, la comercialización de primera y segunda calidad, los precios fijados inicialmente y la posibilidad de vender durante toda la temporada y al mismo comprador (Tapia y González, 2014).

En las tablas 22 y 23 es posible sistematizar información relevante de las ventajas y los requisitos asociados a la comercialización destinada a estos puntos de consumo.

Tabla 22. Ventajas y requisitos de supermercados.

Ventajas	Requisitos
• Venta todo el año. • Grandes volúmenes. • Mercado zona centro y zona norte. • Precio fijado inicialmente. • Permite comercializar primera y segunda calidad. • Apoyo en escenarios adversos (sobreproducción). • Orientado a productos “commoditie” y de especialidad.	• Pago 30 días después de recepción. • Exigencia de camión cerrado con frío. • Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). • Programación de abastecimiento. • Trazabilidad (predios y packing). • Resolución sanitaria. • Embalaje (cajas plásticas, pallet, etc.). • Control de calidad.

Fuente: BTA S.A., 2012.

Tabla 23. Ventajas y requisitos de ferias mayoristas.

Ventajas	Requisitos
• Venta todo el año. • Grandes volúmenes. • Mercado zona centro. • Precio de mercado. • Permite comercializar primera y segunda calidad. • Orientado a productos “commoditie” y de especialidad. • Pago inmediato.	• Programación de abastecimiento. • Trazabilidad (predios y packing). • Resolución sanitaria. • Embalaje. • Control de calidad.

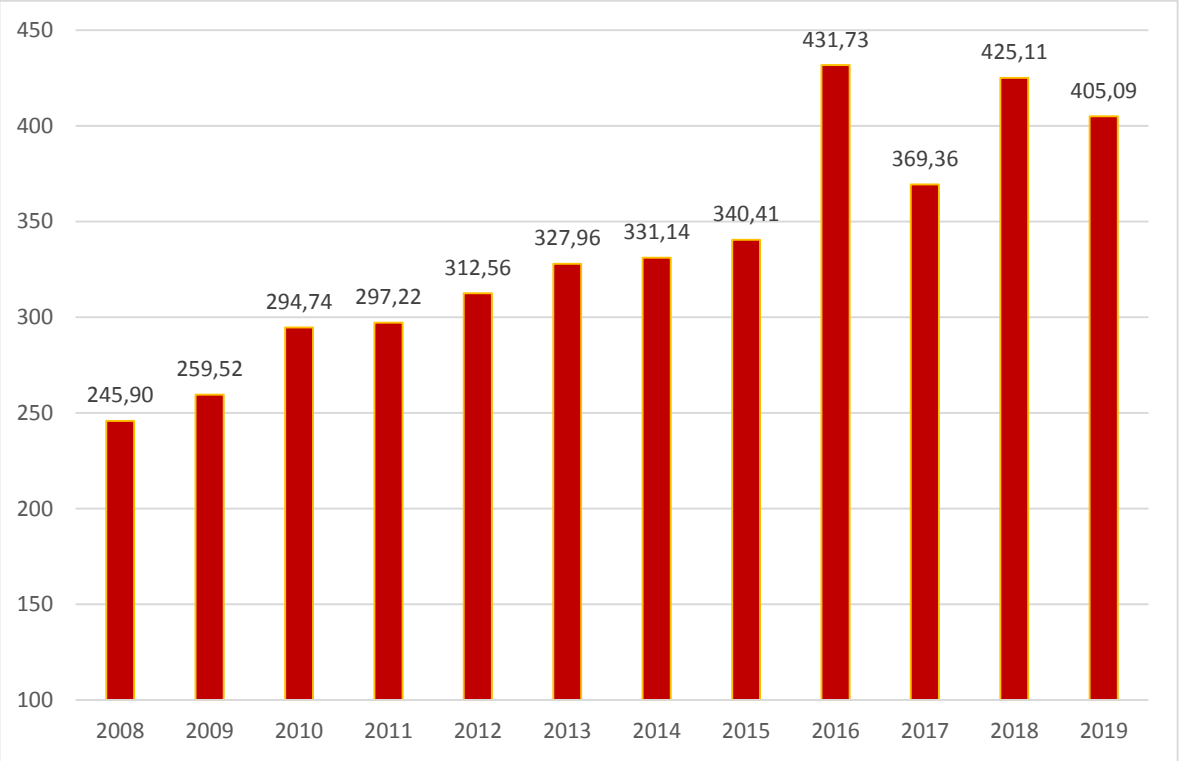
Fuente: BTA S.A., 2012.

La comercialización del producto tomate, se maneja de acuerdo a la producción que se obtenga y a la calidad del mismo, estableciendo rangos de población para su oferta a través de diversos mecanismos que permitan su manejo adecuado en el tiempo y la oportunidad de los mercados para lograr el mejor precio.

La presentación del producto es otro aspecto a tener en cuenta. Por lo anterior se recomienda buscar nuevas alternativas de empaques y presentación del producto, así como de tecnologías que permitan prolongar la vida de los frutos (Paredes, 2009).

Las épocas de plantación del cultivo inciden directamente en las fechas de cosechas para consumo fresco, las cuales se concentran principalmente en los meses de enero a marzo, donde el precio generalmente se mantiene bajos. Esta característica permite ser la única Región que abastece de tomates a la zona centro sur del país, principalmente, entre los meses de mayo a octubre (Figura 6), donde se alcanzan los mayores precios.

Grafico 5. Precio promedio del tomate en mercados mayoristas.



Fuente: Elaboración Propia. Con datos de Odepa 2019.

Como muestra el grafico, el precio del tomate se ha mantenido en el tiempo con un promedio d venta de \$5000 pesos el toro de tomate. En el año 2017 hubo un descenso debido principalmente a la sobreproducción de este cultivo en el valle. Ese año la caja de tomate llego a su baja histórica de \$1000 pesos (a 100 pesos el kilo). Los agricultores viendo la temporada anterior 2016, que alcanzó un alza de 44% su precio, cultivaron solo tomate, sobre poblando este cultivo afectando sobre manera en el precio. Otro problema fue la entrada directa de este producto a Chile proveniente desde el Perú. Ese año fue una pérdida total para los agricultores, porque la pura caja vale entre 650 y 700 pesos, hay que pagar el iva, la mano de obra y con los precios no alcanza a cubrir todos lo gastado.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M.; Noguera, P.; Carrión, C. 2005. Sustrato para cultivo sin suelo y fertirrigación. En: Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Cadahía, C. (ed.). 2a edición, editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 299-354 pág.

Aguilar, C.; Röper, C.; Mazuela, P. y Torres, A. 2015. Tenencia de tierra y aguas de pequeños y medianos agricultores del valle de Azapa, Arica, Chile. IDESA, Chile. Volumen 33, N° 4. Páginas 105-110.

Alpi, A. y Tognoni, F. 1991. Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 347 pág.

Antúnez, A.; Carvallo, E. y Otárola, J. 2011. Programación de riego en cultivos de importancia económica del valle de Azapa. Instituto de Investigaciones agropecuarias, Centro de Investigación especializado en agricultura de desierto y Altiplano. Inia Iruri, Arica y Parinacota. Informativo N°42. 6 pág.

Blancard, D.; Laterrot, H.; Marchoux, G. y Candresse, T. (2011). "Enfermedades del Tomate. Identificar, Conocer, Controlar". Ediciones Muldi-prensa. Madrid, México. 679 pág.

Bello, A. 1997. La retirada del bromuro de metilo como fumigante. Consecuencias para la agricultura española. Vida Rural, 45:70-72.

Cadahía, C. 2005. Fertirrigación. Aspectos básicos en: Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. Cadahía, C. (ed.) 2a edición, editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 65-79 pág.

Cadahía, C. 2005. Programación del Riego. En Fertirrigación: Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales". 3ª Edición. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España.
681 p.

Caldari, P. (2007). I Simposio Internacional de Invernaderos 1-5.

Camacho, F. 2008. Instalaciones de semilleros especializados en la cría de plantas hortícolas. Revista Horticultura Extra 2008: 62-69.

Camacho, F. 2009. Técnica de producción en cultivos protegidos. Caja Rural Intermediterranea, Cajamar. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Almería España. 372 p

Carrasco, J. 2001. Alternativas al Bromuro de metilo para la desinfección de suelos en tomate y pimiento. Boletín INIA N°88. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. San Fernando, Chile. 131 p.

Carreño, J. y Magán, J. 2003. El riego por goteo. Manejo, cálculos de fertirrigación y otros productos. En: Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo I. Camacho, F. (Coordinador). Caja rural intermediterranea, Cajamar. Almería, España. 132-169 pág.

Castellá, G.; Paratori, Cl.; Espinoza, J. y Figueroa, I. 2014. Técnicas de producción para el cultivo protegido de tomates, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile. Proyecto Terminal Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo: Agencia implementadora líder: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Agencia implementadora cooperante: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Agencia ejecutora nacional: Ministerio del Medio Ambiente de Chile Instituciones colaboradoras en la ejecución: Ministerio de Agricultura de Chile, a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Santiago, Chile. 159 pág.

Castilla, N. 1996. Influencia de la radiación solar en invernadero sobre la calidad de la producción hortícola. En: Producción y calidad del pimiento tipo Lamuyo c.v. Kalifa: respuesta a la fertilización potásica. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior. Almería. Pág. 6-163.

Castilla, N. 2001. La radiación solar en invernadero en la costa mediterránea española. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. López. JC: Lorenzo. P. 35-49.

Castro, M. 1991. Efecto de la densidad de plantas, el raleo de frutos y poda de racimos sobre la producción del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Taller de licenciatura Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 76 pág.

Castro, D.; Gómez, G. y Rivera, J. 2004. Automatización de un invernadero de plántulas de tomate rojo. Ciencias e Ingeniería. 20 pág.

Chamorro, J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. En Nuez, F. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

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

Devran, Z.; Ali Söğüt A. y Mutlu N. 2010. Response of tomato rootstock with the Mi resistance gene to *Meloidogyne incognita* race 2 at different soil temperatures. *Phytopathol. Mediterr.* 49:11-17.

Díaz, T. y Hernández, D. 2003. Comportamiento de la germinación de las semillas tratadas con cloro (Cl) (en línea). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Cuba. 63-66 p. Consultado 12 de Octubre del 2019. Disponible en <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota4t19.pdf>

Dirección General De Aguas. 1998. "Plan director para la Gestión de Recursos Hídricos Cuenca Río San José". S.D.T. N° 27. Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. 114 p.

Elizondo, R.; Correa, A.; Severino, C. y Fuentealba, H. 2014. Técnicas De Producción Para El Cultivo Protegido De Tomates. En Una Realidad Sin Bromuro De Metilo En Chile. Ministerio del Medio Ambiente de Chile y ONUDI. Pág. 152.

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.

Escalona, V.; Alvarado, P.; Monardes, H.; Urbina, C. y Martín, A. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) (en línea). Nodo Hortícola. Universidad de Chile. 60 p. Consultado en: 19 de septiembre del 2019. Disponible en http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf

Escobar, H. y Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. 180 p. Consultado 15 de

julio 2019. Disponible en pdf-manual_produccion_de_tomate_-_pag.-_web-11-15.pdf.

European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2005. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. EPPO Bull. 35:275-283.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). s.f. Preparación de semilleros (en línea). Roma, Italia. 56 p. Consultado: 20 Noviembre del 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a1374s/a1374s03.pdf>

Flaño, A. 2012. Situación del tomate para el consumo fresco. Santiago, Chile. Consultado 12 de Octubre 2019: Disponible en: www.odepa.gob.cl.

Flores, F.; Sánchez, P.; Estaño, M.; Martínez, M.; Moyano, E.; Morales, B.; Campos, J.; García, J.; Egea, M.; Fernández, N.; Romojaro, F. y Bolarin, M. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Sci. Hort.* 125(3): 211-217.

Garton, R.; Sikkema, P. y Tomecek, E. 1997. Plug transplants for processing tomatoes: Production, handling and stand establishment. Disponible en: http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/94-61.htm#Seeding_and_Germination>. Leído el: 22 de Octubre del 2019.

Gázquez, J.C.; Granados, M.R.; Thompson, R.B.; Fernández, M.D.; Gallardo, M. (2013). Uso de sondas de succión para el manejo de la fertilización nitrogenada en un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. <http://www.pubhcacionescajamar.es/>. Consultado 1/7/2019.

GeoPlaDes. 2009. Estudio multitemporal del nor-oriente del Ecuador. Estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en los años 1990- 2008 y proyección al 2003. The Nature Conservancy. Quito-Ecuador. Pág. 20-28.

Godoy, H.; Castellanos, J.; Alcántar, G.; Sandoval, M. y Muñoz, J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Tierra Latinoamericana* 27(1): 1-9.

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

González, S. (ed.) 2006. Bromuro de Metilo: un Fumigante en Retirada. Colección de libros INIA N°20. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Platina, Santiago, Chile. 173 p.

González, V.; Sepúlveda, R. y González, M. (Eds.). 2014. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 293. 70 pág.

González V., F.; Riquelme, A.; Contreras, P. y Mazuela, P. 2013. Antecedentes generales para la sustentabilidad de la producción hortícola en el valle de Azapa, Arica, Chile. Volumen 31, N° 4. IDESIA (Chile). Pág. 119-123.

Gorini, F. (2018). Guía completa del cultivo del tomate. Parkstone International. Ireland-USA. 86 pág.

Ho, L y Hewitt, D. 1986. Fruit development, In: Atherton, J. and Rudich, J. eds. The Tomato Crp. London, Chapman & Hall. Pag 201-241.

Iglesias, N. y Muñoz, A. 2007. Comparación de la transmisión de la radiación fotosintéticamente acta (PAR) en invernaderos del norte de la Patagonia. Horticultura Argentina. 26(60): 10-16.

Infoagro Systems S.L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 12 de Octubre 2019. Disponible en [http://www.infoagro.com/documentos/el cultivo del tomate parte i .asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate_parte_i.asp)

IICA, 1986. Estudio Sobre Comercialización de Hortalizas Provenientes de Arica (Tomate, Pepino de Ensalada, Choclo, Poroto Verde). Santiago-Chile. 88 pág.

IVEX. 2003. Instituto Valeciano de la exportación Chile.

Johnson, M. 2011. Effect of healing chamber design on the survival of grafted eggplant, tomato and watermelon. Horttechnology 21(6):752-758.

Khah, E.; Kakava, E.; Mavromatis, A.; Chachalis, D. y Goulas, C. 2006. Effects of grafting on growth and yield of tomato (*Licopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open field. Journal of Applied Horticulture 8(1):3-7.

Kinet, J. y Peet, M. 1995. Tomato. pp. 259-294. En: Wien, H.C. (ed.). The physiology of vegetable crops. CAB International, Wallingford, CT.

King, D. y Liu, L. 2008. Grafting for disease resistance. Hortscience 43(6):1673-1676.

Kubota, C.; McClure, M.; Kokalis-Burelle, N.; Bausher, M. & Roskopf, E. 2008. Vegetable grafting: history, use, and current technology status in north america. Hortscience 43(6): 1664-1669.

Lee, J.M. 2003. Advances in vegetable grafting. Chron. Horticult. 43:13–19.

López-Pérez J, Le Strange M, Kaloshian I, Ploeg A. 2006. Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). Crop Protection 25:382-386.

Leiva, M.; Schmidt, C.; G. Carla; Gajardo, E. y Gonzalo, E. 2017. Manual técnico productivo y económico bajo condición actual y clima proyectado al 2030. Publicaciones Ciren N° 209. 57 pág.

López, L. 2017. Manual técnico del cultivo de tomate *solanum lycopersicum*. Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá. INTA. San José, Costa Rica. 130 pág.

López, J.; Guerrero, M.; Huez, J.; Jiménez, J. Ruiz. 2014. Biofumigación y solarización del suelo en la producción de sandía (*Citrulluslanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai]. European Scientific Journal, 10(3):1857-7881.

López, J.; Le Strange, M.; Kaloshian I. & Ploeg, A. 2006. Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). Crop Protection 25:382-386.

MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Costa Rica)-MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 2004. Reglamento técnico RTCR 739-2004: Tomate para Consumo en Estado Fresco (en línea). (jul. 2004. San José, Costa Rica). MEIC-MAG. 13 p. (N° 141). Consultado en: 10 de Mayo del 2019. Disponible en http://www.cnp.go.cr/agronegocios/pai/normas_calidad_productos/Tomate_RTCR_379-2004.pdf

Melo, P.C T. de. Melhoramento genético do tomateiro. Campinas (Brasil), Asgrow do Brasil sementes, 1989. 55p.

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

Monge, J. 2016. Liro 42: Generalidades del híbrido. Informe técnico. Alajuela, Costa Rica. Almatropic S.A. 1 p.

Muro, J.; Collum, R. y Claimon, S. 1994. Efecto de la reducción del área foliar sobre la producción de pimiento (*Capsicum annum* L.). Invest. Agr.: 1-9.

Novoa, R. 1999. Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago de Chile

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

Obando, L. & Mc Leod, C. 2010. Cultivo de Hortalizas en Magallanes. Boletín INIA N°205. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Punta Arenas, Chile. 43 p.

Oda, M. 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production. Disponible en: <<http://www.agnet.org/library/eb/480/>>. Leído el: 10 de Septiembre del 2019.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) 2004. Mercado de hortalizas en Arica. Consulta: 15 de Mayo 2019. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl>. Leído el: 02 de Julio 2019.

Paredes Zambrano, Alfredo. 2009. Cultivo del tomate en invernadero. Cundinamarca - Colombia. Corpoica. 56 p.

Pilatti, R.A. 1997. Cultivos bajo invernadero Tomate, Pimiento, Frutilla y Apio. Centro de publicaciones Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

Pizarro, F. 1987. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF), de Mundi Prensa, Madrid, España, p. 73-123.

Raffo, M. e Iglesias, N. (2004). Efecto de la intercepción y distribución de la radiación Fotosintéticamente activa en manzanos cv. Fuji. Bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad. Revista de investigaciones agropecuarias. 33: 29-42.

Rivard, C. & Louws, F. 2006. Grafting for disease resistance in heirloom tomatoes. Disponible en: <http://www4.ncsu.edu/~clrivard/TubeGraftingTechnique.pdf>. Leído el: 10 de agosto del 2019.

Rivard, C.; Sydorovych, O.; O'Connell, S.; Peet, M. & Louws, F. 2010. An economic analysis of two grafted tomato transplant production systems in the United States. Horttechnology 20(4): 794-803.

Rodríguez, V. 2008. Evaluación de alternativas de protección física y química de semilleros de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) contra el ataque del complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius)- Geminivirus y su efecto en el rendimiento, en el municipio de Tisa, Masaya. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. Facultad de Agronomía. 76 p.

Román, L.; Dionizis, N.; Potter, W.; Sepúlveda, R. y Allende, M. 2013. Inversiones en la producción de Hortalizas en la región de Arica y Parinacota. Informativo n° 95. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de investigación especializado en agricultura del desierto y altiplano (cie), INIA-URURI, Región de Arica y Parinacota. Pág. 5.

Rojas, J. & Castillo, M. 2007. Diagnóstico de la Agro Cadena del cultivo de tomate de la Región Central Sur (en línea). MAG. San José, Costa Rica. 72 p. Consultado en: 20 marzo 2019. Disponible en [http:// www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00063.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00063.pdf)

Rovira, A. 1984. Geografía de los Suelos. Colección Geografía de Chile Tomo V. Instituto Geográfico Militar. Santiago-chile.

Saavedra, G. y Ried, A. 2003. Producción moderna de tomate industrial. Pág.: 16-17. Revista Tierra Adentro N°52.

Sawhney, V. K. 1983. Temperature control of male sterility in a tomato mutant. J.

Hered. 74: 51–54.

Schwarz, R. & Colla, V. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. Sci.Hort. 127:162-171.

Semillaria. 2015. Clasificación taxonómica de tomate (en línea). s.p. Consultado 12 de octubre 2019. Disponible en: <http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>.

Sepúlveda R., P. (ed.) 2011. Virus transmitidos por insectos vectores en tomate en la Región de Arica y Parinacota: Situación actual y manejo. Boletín INIA N°224. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigación Agropecuaria del Desierto y Altiplano, Ururi. Arica, Chile. 64 p.

Sepúlveda, S.; Sepúlveda, P. y Morales, A. 2012. Instituto de investigaciones agropecuarias, centro de investigación especializado en agricultura del desierto y altiplano (cie), Inia-Ururi, región de Arica y Parinacota. Ministerio de agricultura. Informativo n°70. Pág. 4.

Sepúlveda, F. y Carrasco, J. 2014. Validación de alternativas al bromuro de metilo como desinfectante de suelo en el Valle de Azapa. Arica y Parinacota, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 302. 102 pág.

Sierra, C. 2012. Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. Boletín Inia N° 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 2019.

SQM 2006. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. En: http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf Consultado: Octubre 2019.

Sauerborn, J.; K. H. Linke, M. C. Saxena, W. Koch. 1989. Solarization: a physical control method for weeds and parasitic plants (*Orobanche* spp.) in Mediterranean agriculture. *WeedResearch*, 29:391-397.

Serrano, Z. 1996. Cultivo del pimiento. En: Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Ed. Zoilo Serrani. C. Sevilla. p. 433-488.

Tapia, F. y González, M. 2014. Programa Integrado Territorial de Hortalizas para la Región de Arica y Parinacota. Proyecto Fondo para la Innovación y Competitividad de la Región de Arica y Parinacota, FIC y Fundación para la Innovación Agraria, FIA, Chile, Instituto de Investigaciones Agro-pecuarias. Boletín INIA N° 304. 139p.

Torres, A. (1999). "Características químicas e hídricas de los suelos de la parte baja del valle de Azapa I Región Tarapacá". En *Revista IDESIA* 16:7-15.

Torres, A. Acevedo, E. 2008. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile. *Idesia (chile)* vol. 26, nº 3; 31-44.

Torres, A. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Boletín Inía N° 11. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 93 pág.

Urrestarazu, M. 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. En tratado de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed.). 3a Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 3-47 pág.

Vallejo, F.; Estrada, E. 2004. Producción de Hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. 346 pág.

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

Venema, D.; Bax, V. & Elzenga, J. 2008. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. *Environ.Exp. Bot.* 63, 359–367.

Villavicencio, A.; Villablanca, Alexis y Cajías, Evelyn. 2016. Elementos para la tecnificación del riego localizado en la Región de Arica y Parinacota. Boletín Inia N° 339. Santiago de Chile. Pág. 79.

Villavicencio, A. y Villablanca, A. 2012. Programacion de riego en Hortalizas. Boletín Informativo N° 59. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigación Agropecuaria del Desierto y Altiplano, INIA-Ururi. Arica, Chile. Pág. 4.

Went, F.W. (1944). Plant growth under controlled conditions. Am. J. Bot. 31 135-150.

Xu, X.; Miller, S.; Baysal-Gurel, F.; Gartemann, KH.; Eichenlaub, R.; Rajashekara, G. 2010. Bioluminescence Imaging of *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* infection of tomato seeds and plants. Appl.Environ.Microbiol 76(12):3978-3988.

Seminarios, Tesis, Memorias:

Araya, Eva y Gajardo, Carolina. 2009. Fertilización del cultivo del tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill) en sistemas productivos del valle de Azapa. Informe final de titulación para optar al título de químico laboratorista. Universidad de Tarapacá. Arica-Chile.

Correa, R. 2006. “Incorporación de Terrenos Agrícolas, Cultivos y Técnicas de regadío en el Valle de Azapa”. Seminario para optar al título de Profesor de Educación Media en Historia y Geografía. Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Lubascher, R. 2013. “Caracterización de la producción de tomate (*lycopersicon esculentum* mil.) En el valle de Angol-Renaico. Tesis presentada a la facultad de ciencias agropecuarias y forestales de la universidad de la frontera, como parte de los requisitos para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad de la frontera, Temuco – Chile.

Ordenes N., Fresia A. (2006) “Antecedentes de la Incorporación de Cultivos en las Laderas del Valle de Azapa”. Seminario para optar al título de Profesor de Educación Media en Historia y Geografía. Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Valenzuela G., Paula P.(2002). “Valle de Azapa: Cultivos, Recursos Hídricos y Técnicas de Regadío 1962 – 2002”. Seminario para optar al título de Profesor de Educación Media en Historia y Geografía. Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Páginas Web

<https://www.bioamerica.cl/>

<https://www.syngenta.es/>

<https://www.rijkzwaan.es/>

<https://seminis.es/>

<https://www.agroverde.com.ec/>