

El cultivo del pepino dulce

Editora: Constanza Jana A.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín INIA / Nº 410

ISSN 0717-4829



Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile



El cultivo del pepino dulce

Editora:
Constanza Jana A.

INIA INTIHUASI
Santiago, Chile, 2019
BOLETÍN INIA Nº 410

ISSN 0717 - 4829



La información obtenida fue desarrollada en el marco del Proyecto “Puesta en valor de pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) producido en el Valle de Limarí, a través de la caracterización del recurso genético local asociado a su origen geográfico y el rescate de ecotipos promisorios”, Código PYT 2014-0270. Financiado por la Fundación de Innovación Agraria, FIA.

Editora:

Constanza Jana A., Ing., Agrónomo, M.Sc., Dra.

Autores:

Constanza Jana A., Ing. Agrónomo, M.Sc., Dra.

Cornelio Contreras S., Ing. Agrónomo

Víctor Alfaro E., Ing. Ejecución Agrícola

Rodrigo Márquez A., Ing. Agrónomo

Ana Sandoval S., Ing. Forestal, M.Sc.

Andrea Molina D., Ing. Químico

Boris Sagredo D., Bioquímico. Ph.D.

Bruno Defilippi B., Ing. Agrónomo, Ph.D.

Carlos Astudillo O., Ing. Agrónomo

Carlos Sierra B., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Carolina Contreras D., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.

Claudio Balbontín N., Ing. Agrónomo, M.C. Dr.

Claudio Salas F., Ing. Agrónomo, Dr.

Isabel Ramírez A., Ing. en Biotecnología Molecular

Mónica Madariaga V., Dra. en Ciencias Silvoagropecuarias

Verónica Arancibia A., Ing. en Alimentos

Comité revisor técnico y de textos INIA Intihuasi:

Francisco Meza A., Ing. Agr. M.Sc.

Érica González V., Téc. Bibliotecaria

Karina Maltés R., Periodista

Director Regional INIA Intihuasi:

Edgardo Díaz Velásquez, Ing. Agrónomo, Mg.

Boletín INIA N°410

Cita bibliográfica correcta boletín:

Jana, C. (Ed). 2019. El cultivo del pepino dulce. 194 p. Boletín INIA N°410. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile.

Cita bibliográfica correcta capítulo de boletín:

Salas, C. y C. Astudillo. 2019. Insectos y ácaros asociados al cultivo del pepino dulce. Nuevas asociaciones para Chile. Capítulo 8. En: Jana, C. (Ed). El cultivo del pepino dulce. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile. Páginas 131-158. Boletín INIA N°410.

© 2019. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Centro Regional de Investigación Intihuasi. Colina San Joaquín s/n, La Serena, Teléfono (51) 2223290 - Anexo 2111, región de Coquimbo.

ISSN 0717 - 4829

Autorizada la reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico

Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 300

La Serena, Chile, 2019.

Índice

Capítulo 1

Introducción	9
Bibliografía	12

Capítulo 2

Origen, morfología, fisiología, tipos varietales	15
2.1 Origen	15
2.2 Características morfológicas de la especie	16
2.3 Características morfológicas de pepino en Chile	18
2.4 Fenología y fisiología de pepino dulce	25
2.4.1 Incidencia de la temperatura en pepino dulce	27
2.4.2. Incidencia de la luz en pepino dulce	27
2.5 Tipos varietales	29
Bibliografía	33

Capítulo 3

Caracterización de las zonas de producción en Chile	35
3.1 Metodología para la caracterización climática y edáfica.	35
3.2. Caracterización climática	36
3.2.1. Monitoreo climático	38
3.2.2 Temperatura del aire	38
3.2.3 Humedad relativa	40
3.2.4 Demanda ambiental	41
3.2.5 Sumatoria de Días Grado (DG)	43
3.2.6 Conclusiones generales	43
3.3 Caracterización edáfica de sitios productores de pepino dulce en las regiones de Coquimbo y Valparaíso.	44
3.3.1 Zona productora Cerrillos de Tamaya, valle del río Limarí	44
3.3.2 Zona productora en Concón y La Ligua, Valparaíso	53

3. 4 Comparación de las características edáficas entre las zonas productoras de pepino dulce de Coquimbo y Valparaíso	57
3.5 Conclusiones generales.	60
Bibliografía	60

Capítulo 4

Propagación de pepino dulce	63
4.1 Propagación vegetativa	63
4.1.1 Enraizamiento en vivero	64
4.1.2 Plantación directa	67
4.2 Propagación por semilla	67
4.2.1 Protocolo de germinación de pepino dulce	68
4.3 Densidad de plantación	69
Bibliografía	71

Capítulo 5

Caracterización morfológica, productiva y nutracéutica

de pepinos dulces	73
5.1 Introducción	73
5.2 Caracterización morfológica	75
5.2.1 Metodología	75
5.2.2 Resultados entre las dos regiones	76
5.2.3 Resultados entre las comunidades vecinales de Cerrillos de Tamaya	79
5.2.4 Resultados con todos los ecotipos en una sola localidad (Pan de Azúcar)	79
5.3 Caracterización productiva	80
5.4 Caracterización nutracéutica	81
5.4.1 Caracterización nutracéutica. Metodología	81
5.4.2 Resultados de Capacidad antioxidante	82
5.4.3 Resultados en contenido de polifenoles	83
5.4.4 Resultados en ácidos orgánicos y azúcares	84
Conclusiones	85
Bibliografía	86

Capítulo 6

Fertilización de pepinos dulces	89
6.1 Caracterización química de suelos con pepino dulce en la región de Coquimbo	89
6.2 Manejo de la fertilización en cultivo de pepino dulce	93
6.2.1 Interpretación de los Resultados del Análisis de Suelo del sitio experimental.	94
6.3 Resultados para nitrógeno	96
6.3.1 Efecto del nitrógeno sobre la fenología de pepino dulce	96
6.3.2 Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento de las plantas	97
6.3.3 Efecto del nitrógeno sobre producción y calidad de la fruta	98
6.3.4 Efecto del nitrógeno en diferentes tejidos de pepino dulce durante el desarrollo	100
6.4 Resultados para fósforo	102
6.4.1 Efecto del fósforo sobre la fenología de la planta	103
6.4.2 Efecto del fósforo sobre el crecimiento de las plantas	103
6.4.3 Efecto del fósforo sobre producción y calidad de fruta	104
6.4.4 Efecto de la dosis de fertilización fosforada sobre el contenido de fósforo en tejidos.	104
6.5 Resultados para potasio	105
6.5.1 Efecto del potasio sobre la fenología de la planta	105
6.5.2 Efecto del potasio sobre el crecimiento de la planta	106
6.5.3 Efecto del potasio sobre la producción de pepino dulce	106
6.5.4 Efecto de la dosis de fertilización sobre el contenido de potasio en tejidos	107
6.6 Consideraciones y recomendaciones	108
Bibliografía	108

Capítulo 7

Riego en el cultivo de pepino dulce	111
7.1 Introducción	111
7.1.1 Forma y distribución de raíces	111
7.1.2. Agua utilizada en la transpiración del cultivo de pepino dulce	115
7.2 Riego del pepino dulce	119
7.3 Control de salinidad	122
Conclusión	127
Bibliografía	128

Capítulo 8

Insectos y ácaros asociados al cultivo del pepino dulce.

Nuevas asociaciones para Chile	131
8.1 Insectos y ácaros asociados al cultivo del pepino dulce en Chile	132
8.1.1 Mosquitas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae)	134
8.1.2 Áfidos o pulgones	139
8.1.3 Polilla de la papa <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)	143
8.1.4. Polilla de las solanáceas <i>Symmetrischema tangolias</i> (Gyen) (Lepidoptera: Gelechiidae)	147
8.1.5 Psílido de la papa <i>Russelliana solanicola</i> (Tuthill), (Hemiptera: Psyllidae)	150
8.1.6 Ácaro blanco, <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), (Acari: Tarsonemidae)	151
8.1.7 Arañita bimaclada <i>Tetranychus urticae</i> (Koch) (Acarina: Tetranychidae)	153
8.1.8 Eriófido del tomate <i>Aculops lycopersici</i> (Masse), (Acarina: Eriophyidae)	156
Bibliografía	158

Capítulo 9

Enfermedades causadas por virus que afectan el cultivo del pepino dulce

9.1 Transmisión de los virus	159
9.2 Virus que afectan el cultivo del pepino dulce	162
9.3 Determinación de virus en muestras de pepino dulce provenientes de la región de Coquimbo.	162
9.3.1 Metodología	163
9.3.2 Resultados	164
9.4 Descripción de los virus que afectan el cultivo del pepino dulce	166
9.4.1 Virus del mosaico del tomate	166
9.4.2 Virus del mosaico del pepino dulce	166
9.4.3 Virus del mosaico del pepino	167
9.4.4 Virus del mosaico de la alfalfa	167

9.4.5. Virus S de la papa	168
9.4.6. Virus M de la papa	168
9.4.7 Potato virus H	169
9.5 Descripción de Viroides que afectan el cultivo del pepino dulce	169
9.5.1 PSTVd	169
9.6 Descripción de otros virus susceptibles de infectar el cultivo del pepino dulce	170
9.6.1. Virus de mosaico de tabaco	170
9.6.2 Virus del bronceado del tomate	170
9.6.3 Virus X de la papa	171
9.6.4 Virus Y de la papa	171
9.6.5 Virus del enrollamiento de la hoja de la papa	172
9.7 Control de enfermedades causadas por virus	172
Bibliografía	173

Capítulo 10

Cosecha y bases para manejo de postcosecha de frutos

de pepino dulce	175
10.1 Cosecha y comercialización de pepino dulce	176
10.2 Índices de cosecha	178
10.3 Parámetros fisiológicos y de calidad durante la maduración de frutos de pepino dulce	180
10.3.1 Tasa respiratoria y producción de etileno	180
10.3.2 Firmeza de la pulpa	181
10.3.3 Diámetro y peso de la fruta	182
10.3.4 Color de fondo	182
10.3.5 Acidez titulable y contenido de sólidos solubles	182
10.3.6 Ácidos orgánicos y determinación de azúcares	184
10.3.7 Compuestos volátiles	185
10.4 Comparación de parámetros en dos estados de madurez de pepino dulce.	185
10.5 Potencial de almacenaje y atmósfera controlada	187
10.5.1 Desórdenes fisiológicos durante postcosecha	189
10.6 Conclusiones	192
Bibliografía	192

Capítulo 1

Introducción

Constanza Jana A.

Ing. Agrónoma M.Sc. Dra.
cjana@inia.cl

Cornelio Contreras S.

Ing. Agrónomo

El pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton) es una especie perteneciente a la familia de las Solanaceas, originario de los Andes americanos. Su nombre científico fue concedido por William Aiton, del Real Jardín Botánico de Kew, Londres, en el año 1789. No obstante, anteriormente se le había denominado *Melongena laurifolia* (padre Feuillée, inicios del siglo XVIII) por el parecido con algunos de los cultivares de berenjena y *Solanum variegatum* (1777 y 1788), en referencia al característico veteado que presenta el fruto (Torrent-Silla, 2014).

Se sabe que el pepino es conocido al menos hace 2000 años atrás. A través de su historia se le han dado variados nombres: en quechua: cahum, xachum; en aymara: kachuma; en castellano: pepino, pepino de agua, pepino dulce, peramelón; en inglés: peruvian pepino, sweet cucumber, pear melón y pepino; el hecho que existan nombres para esta especie en lenguas nativas y representaciones en cerámicas de las culturas Chimú y Paracas, demuestra la gran importancia de este cultivo en el periodo previo a la llegada de los españoles (**Figura 1.1**).

El nombre de pepino dulce es seguramente español y probablemente los conquistadores le asignaron este



Figura 1.1. Vasija en forma de pepinos 100-800 d.C de cerámica. Fotografía: Museo Larco, Lima, Perú.

nombre por su apariencia con el pepino de ensalada. Durante la Colonia, el virrey Melchor de Navarra, conde de la Plata, prohibió el consumo de esta fruta y le otorgó el nombre de mataserrano, por los principios tóxicos que se desarrollarían a raíz de su ingestión en el organismo humano. La razón es que asociaban el consumo de sus frutos a la enfermedad de la malaria y la disentería. En la medida que se reconoció el agente causal de estas enfermedades, se levantó la responsabilidad sobre ellos, sin embargo, hace algunos años, en la costa norte del Perú (valles de Virú y Moche) aún existía la creencia entre los agricultores de que el consumo de pepinos, después de haber bebido licor, puede causar la muerte (Ache, 2014).

Nombres y creencias han contribuido a que el cultivo del pepino dulce se practique en pequeñas áreas y su producción permanezca en estado incipiente (National Research Council, 1989). Se cultiva comercialmente en Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, Chile, Nueva Zelanda, Estados Unidos (California), España, Israel y Australia, pero no existen datos de producción a nivel internacional, por lo que no es posible estimar la importancia económica del cultivo. Por ello, es considerado una especie secundaria, exótica o no tradicional, de muy baja disponibilidad en el mercado.

El órgano de consumo es el fruto que puede consumirse como postre, o como componentes de ensaladas y alimento refrescante. También es posible su consumo en jugos y en platos y postres más elaborados. Su uso como hortaliza se limita a las regiones donde se cultiva de forma tradicional, tales como Colombia, Perú y Ecuador (Prohens *et al.* 1996). Otra de sus posibles formas de consumo en estado maduro es como acompañante de carnes o pescados (National Research Council, 1989). Más allá de sus usos a nivel alimentario, hoy ha adquirido una importancia terapéutica. Shathish y Guruvayoorappan (2014), describen la actividad antitumoral contra diferentes tipos de células cancerosas del zumo de pepino dulce; se han destacado sus propiedades medicinales hipotensivas y diuréticas probablemente debido a su alto contenido en agua (Torrent-Silla, 2014) y su alto contenido en vitamina C. También se recomienda para pacientes diabéticos por su bajo contenido de azúcar, alta cantidad de fibra y propiedades antioxidantes (Orhan *et al.* 2014).

La superficie cultivada en Chile es desconocida. La última cifra de la que se tiene referencia corresponde al censo del año 2007 con 636 ha nacionales de las cuales 555 ha (240 ha más que el año 1997), se encontraban en la región de Coquimbo (87,3%), manejadas por 117 agricultores. El resto de la producción se

concentraba en la región de Valparaíso en la zona de Concón y en la Ligua, sin embargo, un largo periodo de sequía entre el año 2007 y 2015 y el avance urbano de las principales zonas de producción hacia parcelas de agrado, han modificado y seguramente, disminuido este valor. Hoy la principal área de producción es Cerrillos de Tamaya, zona costera de la Provincia de Limarí donde hay información del cultivo desde el año 1977 y de donde proviene más del 90% de la fruta comercializada en los diferentes mercados nacionales: Central Lo Valledor, Agro Limarí, Terminal La Palmera de La Serena, Vega Modelo de Temuco, Femacal de Calera y Macroferia de Talca. Además de la producción de Limarí, en el mercado Agrícola del Norte de Arica, en la temporada 2017 y 2018, se comercializaron pepinos producidos en la región de Arica y Parinacota y en la vega modelo de Temuco, pepinos de Copiapó. En mercado nacional, esta última temporada, ha llegado fruta solo de Coquimbo. Se comercializaron en mercados mayoristas, en el año 2017 un total de 3.019.209 kilos.

La tendencia, desde el año 1994 indica una disminución de volúmenes comercializados a nivel país, registrándose una reducción de casi el 50% respecto de lo comercializado en dicha década. Por otro lado, los valores nominales a los que se transa la fruta en mercados mayoristas, registran un incremento, llegando a valores medios de \$564/kg con un rango entre \$479 a \$1.000.

Hace 50 años, el pepino dulce en la región de Coquimbo, se prospectaba como un muy buen negocio con un promedio de 1.500 cajas por ha y altos rendimientos. Consulta realizada por INIA en el año 2017, mostró una visión pesimista de los agricultores que aún se mantienen en el rubro, indicando el momento como malo para la mayoría, debido principalmente a los bajos rendimientos del cultivo (25 t ha⁻¹) y un alza sostenida en los costos de producción. Según el mismo estudio, los valores medios por kilo de pepino dulce vendido oscilaban entre \$90 a \$314, \$184 promedio de costo de producción. Los factores más incidentes han sido las plagas y malezas (mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* Westwood y orobanche *Orobanche ramosa* L.); el clima (altas temperaturas, sequía y lluvia excesiva); necesidades crecientes de insumos (plaguicidas, fertilizantes, herbicidas); escasez de mano de obra y fallos en el uso del riego por goteo. En lo comercial, hasta hace poco era un buen negocio para muchos, ahora sólo algunos le ven proyección. Los factores más relevantes serían la inestabilidad de los precios; una demanda con tendencia a la baja; compradores cada vez más informales y coludidos para fijar precios. También factores internos que agravan la situación, como la calidad heterogénea entre productores; cosecha de fruto verde que decepciona al consumidor; proyección de bajos precios por sobre plantación.

En la **Figura 1.2** se observa el volumen de producción en kilos desde el año 1994 al año 2017 con precios nominales de venta en mercado mayorista. El volumen ha variado desde 9.071.401 kilos el año 1995 a 826.506 kilos el año 2013, en pleno período de sequía. Por otro lado, los precios han ido en aumento llegando a su peak el año 2016 con \$622,7 por kilo. Esto porque es considerado un cultivo con gran potencial por sus relevantes características como alimento con valor funcional, para el consumidor consciente de hoy.

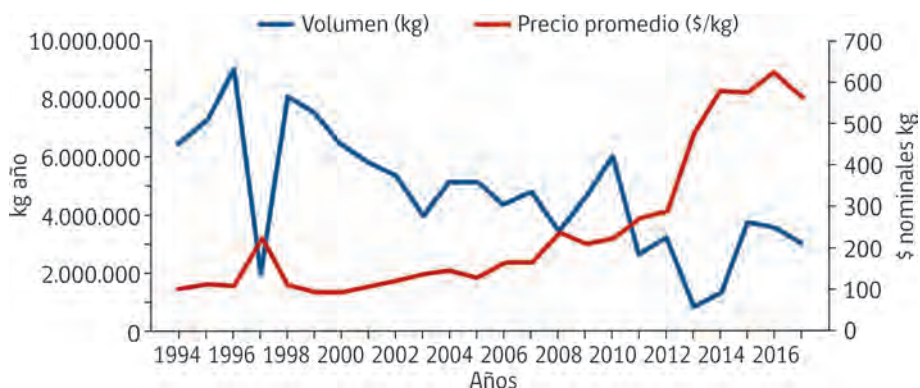


Figura 1.2. Histórico de pepino dulce en volúmenes y precios promedios desde el año 1994 al año 2017. Fuente: ODEPA

Bibliografía

- ACHE, Doctor. 2018. Antigüallas Médicas. Acerca del Pepino o "Mata Serrano". Anales de la Facultad de Medicina, [S.l.], 8:42-57. ISSN 1609-9419. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/10369/9100>. Fecha de acceso: 12 sep. 2018 doi:<http://dx.doi.org/10.15381/anales.v8i0.10369>.
- National Research Council. 1989. Lost crops of the Incas. Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. Washington, D.C. National Academy Press.
- ODEPA -INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. <http://icet.odepa.cl>

- ODEPA. 2018. Series históricas (diarias, semanales y mensuales) de precios y volúmenes de frutas y hortalizas. <https://www.odepa.gob.cl/precios/series-historicas-de-frutas-y-hortalizas>.
- Orhan, N., D. Deliorman, M. Aslan and F. Ergun. 2014. Effect of exotic fruit "Pepino" (*Solanum muricatum* Aiton.) on blood glucose level. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences 11(2):196-202.
- Prohens, J., J. Ruiz and F. Nuez. 1996. The pepino (*Solanum muricatum*, Solanaceae): A "new" crop with a history. Economic. Botany, 50(4):355-368.
- Shathish, K. and C. Guruvayoorappan. 2014. *Solanum muricatum* Ait. inhibits inflammation and cancer by modulating the immune system. Journal Cancer Research and therapy 10(3): 623-630.
- Torrent-Silla, D. 2014. Caracterización morfológica y molecular en pepino dulce (*Solanum muricatum*) y especies silvestres relacionadas. Universitat Politècnica de valencia, 71 p.

Capítulo 2

Origen, morfología, fisiología, tipos varietales

Constanza Jana A.

Ing. Agrónoma M.Sc. Dra.
cjana@inia.cl

Cornelio Contreras S.

Ing. Agrónomo

Boris Sagredo D.

Bioquímico Ph.D.

Víctor Alfaro E.

Ing. Ejecución Agrícola

Rodrigo Márquez A.

Ing. Agrónomo

En este capítulo se incluye información técnica obtenida en los años 96/97 por los investigadores Antonio Ibacache y Angela Rojas en proyectos del Ministerio de Agricultura, no publicadas, pero de propiedad de INIA.

2.1 Origen

El pepino pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Solanum*, donde se encuentran cultivos como la papa, la berenjena o el tomate, pero que no logró la importancia de sus parientes cercanos. Pertenece a la sección *Basarthrum*, compuesta por 22 especies de las cuales es la única cultivada. El pepino es un cultígeno, definido como una variedad de planta que se ha seleccionado por medio de continuas mejoras hechas por el hombre, a quien acompaña por milenios y que, en su mayoría, han perdido la capacidad de multiplicarse por sí mismos (Krapovickas, 2010).

Los progenitores están probablemente extintos y varias especies habrían contribuido a su origen y evolución. Blanca *et al.* (2007), en un estudio realizado con los posibles ancestros del pepino dulce y estudiando secuencias de ADN, indicaron que el norte de Ecuador y el sur de Colombia serían el centro de origen y diversidad de pepino y que varios materiales silvestres contribuyeron a su origen, los que estarían principalmente relacionados a la serie Caripense, dentro de los cuales habrían participado *Solanum caripense* y *Solanum tabanoense*, entre varias otras especies, lo cual explica su alta diversidad genética.

Por la buena impresión que habría causado a los españoles, las órdenes religiosas lo habrían llevado a México y América Central en la primera mitad del siglo XVII. A Europa, lo habría llevado una expedición botánica realizada por Ruiz y Pavón entre 1777 y 1778. En los años 1800 habría llegado a Rusia y a Estados Unidos, donde tuvo éxito en California y Florida y en los años 1900 se habría expandido a Nueva Zelanda y Marruecos (Nuez y Ruiz, 1996).

2.2 Características morfológicas de la especie

Es una planta perenne pero cultivada como anual, de desarrollo rastrero (si se deja crecer libremente), de crecimiento indeterminado (**Figura 2.1**). El tallo es herbáceo en un principio, pero luego se va lignificando hasta adquirir un aspecto leñoso, en general son verdes con pigmentaciones oscuras (**Figura 2.2**). De forma redondeada generalmente. Las hojas son simples o compuestas, con un número variado de folíolos, entre 3 y 7 y un tamaño entre 10 a 30 cm (**Figura 2.3**).

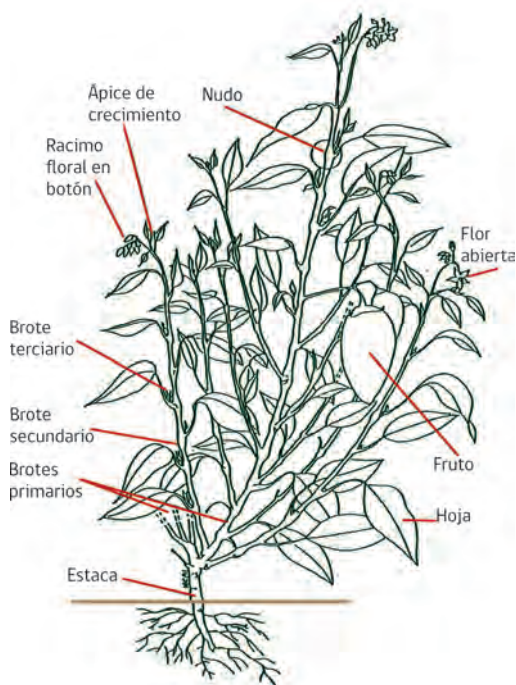


Figura 2.1. Dibujo de una planta de pepino dulce a partir de una estaca de temporada anterior (Fuente: Arenas, 1992).



Figura 2.2. Tallo de pepino dulce después de la cosecha (izquierda) y tallos de pepino dulce en crecimiento (derecha).



Figura 2.3. Hoja simple y compuesta de plantas de pepino dulce (Fuente: IPGRI COMAV 2004).

Las flores son hermafroditas y de corola pentámera y rotada, que aparecen en racimos compuestos de 5 a 20 flores, aunque se ven casos donde llegan a haber más de 50 flores en un racimo. Los pétalos son de color blanco, con vetas moradas más o menos presentes. Normalmente presentan una excreción estigmática (el pistilo sobresale del cono formado por las 5 anteras, las cuales no están soldadas entre ellas) y dehiscencia apical (**Figura 2.4**).

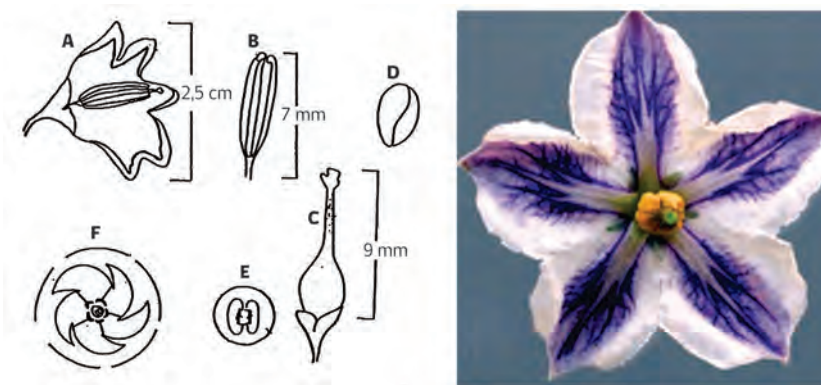


Figura 2.4. Flor de pepino dulce; a) flor abierta, corte longitudinal, b) estambre, c) pistilo, d) grano de polen, e) corte transversal del ovario, f) diagrama floral. (Fuente dibujo: Arenas (1992) e IPGRI COMAV, 2004).

Los frutos de pepino corresponden a una baya con una cavidad central con semillas, aunque es muy frecuente que no haya semillas ya que muchos frutos son partenocárpicos. La forma es variada, ovoide, acorazonados, alargados incluso hay frutos esféricos. Los frutos maduros presentan un color de fondo amarillo y surcado por una cantidad variable de vetas púrpuras (**Figura 2.5**).



Figura 2.5. Frutos de pepino dulce de variadas formas y colores.

2.3 Características morfológicas de pepino en Chile

En las dos zonas tradicionales de producción de pepino dulce en Chile (Coquimbo y Valparaíso), durante la temporada 2015, se caracterizó un total de 160 accesiones, en varios criterios morfológicos de la planta (IPGRI COMAV 2004),

en parcelas de 17 agricultores en la localidad de Cerrillos de Tamaya en Limarí (latitud: S 30° 34'54"; longitud: O 71°24'34"), Coquimbo y en las localidades de Concón (latitud: S32°57'12.28"; longitud: O71°28'3.94") y la Ligua (latitud: S32°27'08"; longitud: O71°13'51"), en Valparaíso. Los criterios evaluados fueron: hábito de crecimiento (postrado, intermedio, erguido), color del tallo (verde, verde con spots morados, verde morado, morado) y grado de pubescencia en el tallo (glabro, intermedio o denso) como caracteres cualitativos (**Cuadro 2.1**) y altura planta (cm), diámetro del tallo a 10 cm del suelo (mm), superficie ocupada por la planta (m²), altura de la primera inflorescencia (cm), largo peciolo (mm), número de flores racimo⁻¹, número de frutos cuajados, número de frutos totales como caracteres cuantitativos (**Cuadro 2.2**).

Cuadro 2.1. Fenotipos y frecuencias de características cualitativas evaluadas en tres localidades de producción de pepino dulce: Cerrillos de Tamaya, La Ligua, Concón.

Variables	Fenotipo	Localidades		
		Cerrillos de Tamaya	La Ligua	Concón
		Frecuencia (%)		
Hábito de crecimiento	Postrado	4,4	10	34,8
	Intermedio	51,3	60	30,4
	Erguido	44,3	30	34,8
Color de tallo*	Verde	99,3	0	42,8
	Verde con spot morado	0,7	100	57,2
	Verde con morado	0	0	0
Pubescencia en el tallo*	Morado	0	0	0
	Glabro	81,3	0	0
	Intermedio	18,7	100	100
	Denso	0	0	0

*Significancia al 0,05 de nivel de probabilidad

El color y la pubescencia de tallo presentaron diferencias significativas entre las tres localidades evaluadas. En Cerrillos, los tallos son de color verde y en La Ligua presentan spot morados. En el caso de Concón se presentan ambos colores de tallo en iguales proporciones. Para el caso de la pubescencia en el tallo, en Cerrillo de Tamaya en un 80% los tallos son glabros, es decir, no presentan tricomas, en cambio en La Ligua y en Concón, sí los presentan.

Cuadro 2.2. Fenotipos y frecuencias de características cuantitativas en tres localidades de producción de pepino dulce: Cerrillos de Tamaya, La Ligua Concón.

Localidades	Variables			
	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm) (a 10 cm del suelo)	Superficie m ²	Altura de la 1ª inflorescencia (cm)
Cerrillos de Tamaya	57,51 a	8,62 a	1,17 a	33,65 a
La Ligua	60,9 a	7,7 ab	1,25 a	26,5 b
Concón	50,26 b	6,96 b	0,86 b	26,52 b
CV	15,14	18,29	30,56	20,12
	Largo peciolo (mm)	Nº flores por racimo ⁻¹	Nº frutos cuajados por racimo ⁻¹	Nº frutos totales
Cerrillos de Tamaya	15,72 a	8,22 b	1,55 b	35,88 a
La Ligua	10,1 b	10,78 a	1,47 b	32,30 a
Concón	12,26 b	6,13 c	2,06 a	36,78 a
CV	24,62	39,78	21,69	37,99

También se observó variabilidad en las características cuantitativas entre las tres localidades evaluadas. Las plantas de Concón fueron significativamente de menor altura que las plantas de Cerrillos de Tamaya y La Ligua, ocuparon una menor superficie de terreno (largo x ancho) y la primera inflorescencia nace a una menor altura, sin embargo, si bien son las que presentan menor número de flores por racimo, son las que obtuvieron mayor número de frutos cuajados. Las plantas de Cerrillos de Tamaya se caracterizaron por ser las de mayor largo de peciolo y la mayor altura de nacimiento de la primera inflorescencia. No hubo diferencias entre las localidades en el número de frutos totales.

Con respecto al número de flores y frutos, se observó variabilidad entre las tres localidades tanto en el número de flores (máximo, mínimo y promedio) como en el número de frutos (máximo, mínimo y promedio), pero sin diferencias en el número total de frutos (**Cuadro 2.3**).

Cuadro 2.3. Número máximo, mínimo y promedio de flores por racimo y de frutos cuajados, en pepinos dulce de tres localidades.

Localidades	Variables			
	Nº máximo de flores racimo ⁻¹	Nº mínimo de flores racimo ⁻¹	Nº promedio flores racimo ⁻¹	Largo peciolo
Cerrillos de Tamaya	10,09 ab	6,24 b	9,09 b	15,72 a
La Ligua	12,67 ab	8,22 a	10,44 a	10,10 b
Concón	12,67 b	5,00 b	10,44 a	10,10 b
CV	42,90	48,03	21,30	23,30
	Nº máximo frutos cuajados racimo ⁻¹	Nº mínimo frutos cuajados racimo ⁻¹	Nº promedio frutos cuajados por racimo ⁻¹	Nº frutos totales
Cerrillos de Tamaya	2,15 b	1,05 b	1,50 b	35,88 a
La Ligua	2,00 b	1,00 b	1,50 b	32,30 a
Concón	2,78 a	1,30 a	2,13 a	32,30 a
CV	28,50	24,74	30,55	37,99

El sistema radical del pepino dulce está descrito como muy ramificado y superficial, indicando que el crecimiento es entre los 40 y 50 cm de profundidad. Debido a la falta de información del sistema radical de pepino, INIA en las temporadas 1996/1997 (datos no publicados), se construyeron tres cámaras de observación de raíces o rizotrones de 1 x 1,42 x 1 m con plantas de pepino dulce, plantadas a una densidad de 0,8 x 0,8 m y riego por cintas. El vidrio se reticuló cada 2,5 cm y se delimitaron 3 líneas horizontales, a 20, 40 y 60 cm de profundidad y se midió semanalmente el número de intersecciones, representativo de la tasa de crecimiento de raíces, junto a ello se evaluó la fenología del cultivo, en tres periodos de crecimiento: Periodo 1: crecimiento vegetativo, Periodo 2: floración y Periodo 3: fructificación.

En la **Figura 2.6** se observa que el crecimiento de las raíces comienza antes que el crecimiento de brotes. A los 15 días después de la plantación, se encuentra una gran cantidad de raicillas y primordios radiculares, en tanto, aún no se evidencia el



Figura 2.6. Tasa de crecimiento de raíces y crecimiento de brotes.

desarrollo de la parte aérea, manteniéndose las yemas hinchadas. Este período abarca desde la 1ª a la 8ª semana después de la plantación. En este período la mayor demanda de asimilados estaría dado por las raíces. El Periodo 2, se inicia con la aceleración del crecimiento de los brotes, los que aumentan su tasa de crecimiento en forma acelerada durante todo este período, hasta comenzar a estabilizarse aproximadamente en la 17ª semana después de la plantación. Las raíces alcanzan el pick de crecimiento, llegando a 450 intersecciones semana⁻¹, para luego comenzar a disminuir. Este pick coincidió con el inicio de la floración, definida esta, como el momento en que las plantas presentaron flores abiertas. Inmediatamente después de anthesis, la tasa de crecimiento de raíces comenzó a disminuir y se inicia el crecimiento de frutos, el que se caracteriza en esta primera etapa por una rápida división celular y aumento de tamaño. A la 14ª semana desde la plantación los frutos presentaron un tamaño de 1,5 cm y al término de este período (17ª semana), los frutos alcanzaron un tamaño de 6 cm.

En la temporada de cultivo 2016-2017, se realizó una evaluación de las raíces de pepino dulce, bajo una condición de suelo, bajo un sistema de riego tecnificado y volumen de agua equivalente al 100% de la demanda evapotranspirativa con un volumen total en la temporada de 7.325 m³ ha y 43,2±2,1% (v/v) de humedad en el suelo, en un suelo de Cerrillos de Tamaya, caracterizado por ser rojo arcilloso, con moderada pedregosidad (<10% v/v), una compactación bajo los 20 centímetros que bien podría tratarse de un pie de arado, pero que en todo caso limita la infiltración de agua bajo este nivel. Al mismo tiempo, las arcillas confieren al suelo una gran capacidad de retención de agua y un gran potencial de ascenso capilar desde horizontes subsuperficiales saturados.

Para la evaluación se utilizó el software de análisis de imágenes REST para evaluar raíces luego de secar a 85°C por 72 horas (**Figura 2.7**). Los resultados se observan en el **Cuadro 2.4**.

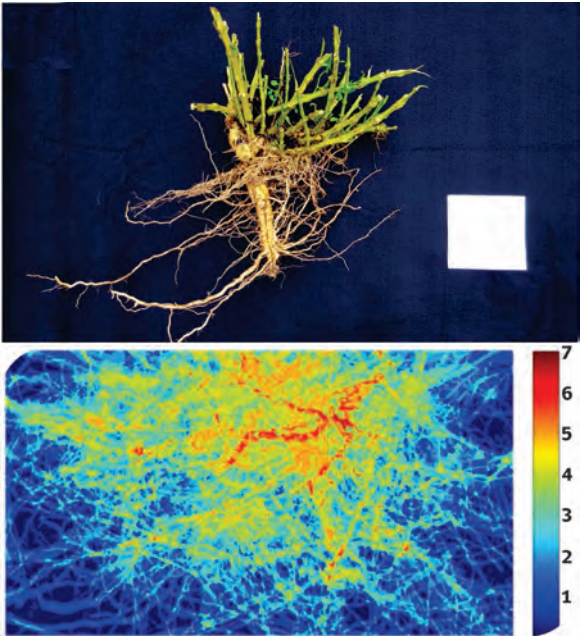


Figura 2.7. Raíz de pepino dulce (arriba). El cuadro paralelo es de 20 x 20 cm. Imagen de la caracterización de raíces con el software REST (abajo).

Cuadro 2.4. Caracterización de raíces de pepino dulce a través de software REST.

Variable medida	Localidad Cerrillos de Tamaya
Masa parte subterránea y raíces, materia seca 72 horas a 85°C (g)	43,7 ± 11,0
A qué profundidad se encuentra el 25% de las raíces (cm)	4,0 ± 0,7
A qué profundidad se encuentra el 50% de las raíces (cm)	7,7 ± 1,3
A qué profundidad se encuentra el 75% de las raíces (cm)	12,3 ± 2,3
A qué profundidad se encuentra el 95% de las raíces (cm)	19,9 ± 4,9
A qué profundidad se encuentra el 99% de las raíces (cm)	25,7 ± 6,2
Qué ancho ocupa el 50% de las raíces (cm)	11,4 ± 3,6
Ángulo de apertura de raíces (°)	154,6 ± 20,1
Área corte transversal (cm²)	239,5 ± 59,3
Densidad de raíces	0,4 ± 0,2

Por último, durante la temporada 2015-2016, se caracterizó a las semillas de una muestra de frutos de 16 agricultores productores de pepino dulce. De las regiones de Valparaíso y Coquimbo. Estas son muy pequeñas de un peso de 0,10 g (límites 0,05 a 0,11 g), de colores amarillo marrón a café claro (**Figura 2.8** y **Figura 2.9**). Se determinó que el promedio de semillas por fruto es 84,5 (límites entre 39 y 110); 0,43 g de semilla por kilo de fruto (límites entre 0,2 y 0,8 g) y 840 semillas por gramo (límites 450 y 1.051).



Figura 2.8. Semillas de pepino dulce, luego de lavarlas y extraerles la pulpa.

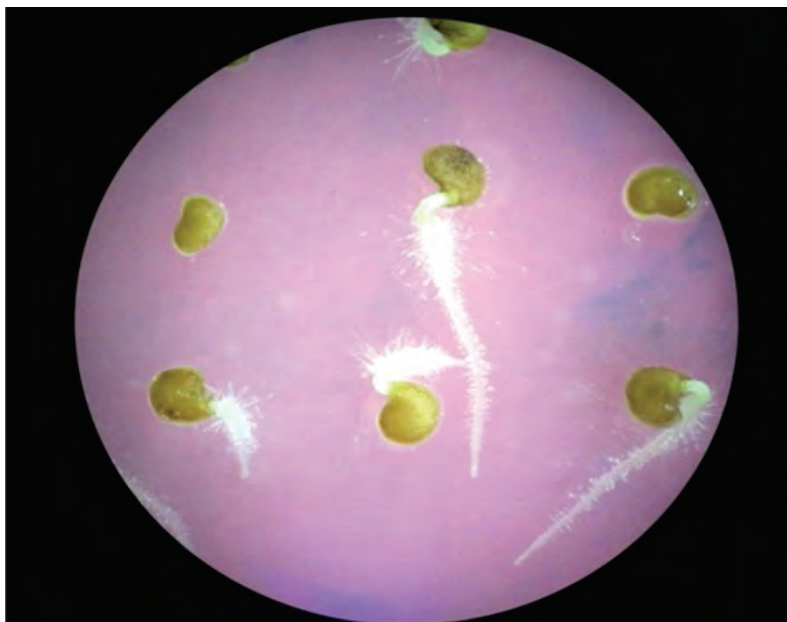


Figura 2.9. Semillas de pepino dulce, germinadas bajo lupa.

2.4 Fenología y Fisiología de pepino dulce

El ciclo de crecimiento de pepino, de acuerdo a la escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), que es la escala de crecimiento fenológico para todas las especies mono y dicotiledóneas (Lancashire *et al.* 1991), se divide en nueve estados de crecimiento:

- Estadio 0: germinación (semilla) o enraizamiento (propagación vegetativa)
- Estadio 1: Desarrollo foliar
- Estadio 2: Formación de brotes laterales
- Estadio 3: Elongación brote principal
- Estadio 5: Emergencia inflorescencias
- Estadio 6: Floración
- Estadio 7: Desarrollo de los frutos
- Estadio 8: Madurez de los frutos
- Estadio 9: Senescencia

El Estadio 4, que corresponde al desarrollo de la parte vegetativa cosechable, no aplica para pepino (Herraiz *et al.* 2015).

Existen muy pocos estudios sobre aspectos fisiológicos del pepino dulce, pero el factor ambiental más relevante sobre las distintas fases de desarrollo es la temperatura. Como el pepino se propaga en forma vegetativa, por esquejes, la fenología depende también del tamaño de esqueje utilizado.

La excreción mencionada de las flores de pepino (pistilo que sobresale del cono formado por las anteras) junto con la presencia de partenocarpia en algunos cultivares y las fallas en el cuajado de muchas flores, hizo que por mucho tiempo se pensara que el pepino era autoincompatible. Hoy se sabe que es compatible y que es autógamo (Rodríguez- Burruezo *et al.* 2011).

La apertura de las flores comienza en la base de las inflorescencias y continua hacia arriba, con una variación de 2 a 3 días, dependiendo de la temperatura. En un mismo racimo hay flores, botones y frutos (**Figura 2.10**). La literatura indica que el tiempo desde plantación a antesis de las primeras flores puede variar entre 25 a 60 días (Nuez Ruiz 1996). Murray *et al.* 1992, señalan que, para lograr floración de pepino dulce en Nueva Zelanda bajo condiciones de invernadero, se requiere, además, iluminación artificial. En Chile, se evaluó los días de plantación a floración (ddpf) en dos localidades diferentes y ambas con influencia costera

Pan de Azúcar y Cerrillos de Tamaya, (provincia de Elqui y Limarí respectivamente), para ello se trabajó con esquejes de 15 a 20 cm de largo, a una distancia de plantación de 1,5 m entre hileras *0,4 m sobre hilera, temporada 2016-2017 (fecha de plantación 25 de octubre 2016).

En el caso de Coquimbo, la floración se obtuvo a los 80 días y en Limarí a los 73,5 días. En las mismas localidades los días entre floración y cuaja resultaron ser de 9 días para Coquimbo y 7 días para Limarí. Considerando cuaja como el 50% de las flores cuajadas. Desde la plantación a la cosecha, en ambas localidades, se requieren 163 días totales y el promedio de días de cosecha es de 40 días, pero esto depende de la temperatura y de la probabilidad de heladas.

Un resumen de los días promedio por etapa fenológica para ambas localidades se observa en el **Cuadro 2.5**.

Las inflorescencias de pepino dulce pueden tener más de 20 flores en el mismo racimo y si las condiciones ambientales son óptimas para el cuajado, pueden llegar todas a cuajar en pequeños frutos, sin embargo, se produce una autorregulación de la carga mediante el aborto de los frutos, quedando un número promedio de 1,5 a 4 frutos por racimo, como se observa en la **Figura 2.11**.



Figura 2.10. Racimo floral de pepino dulce con flores en distintos estados de desarrollo.

Cuadro 2.5. Días plantación a floración, a cuaja y a cosecha en dos regiones productora de pepino dulce.

Localidad	Días plantación a		
	Floración	Cuaja	Cosecha
Coquimbo	81	90	163
Limarí	74	79	163
Promedio	77	85	163



Figura 2.11. Frutos inmaduros de pepino dulce en racimo, después de aborto de frutos cuajados.

2.4.1 Incidencia de la temperatura en pepino dulce

Para que ocurra la floración, se requieren entre 380 y 550 grados días (base 10°C). El proceso de cuaja requiere de 400 a 580 grados día y la cosecha se hace efectiva a partir de los 1.000 grados día. Lo anterior se observa en la **Figura 2.12**.

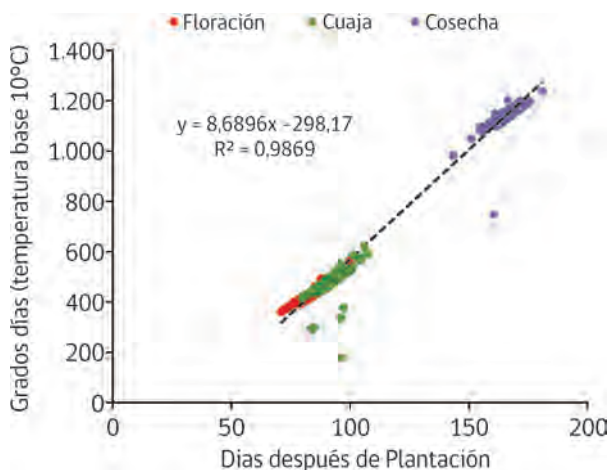


Figura 2.12. Grados días para floración, cuaja y cosecha de pepino dulce.

2.4.2. Incidencia de la luz en pepino dulce

El pepino dulce presenta una curva de crecimiento de frutos simple sigmoidea, que en la primera fase presenta un lento crecimiento, en la segunda presenta una tasa de rápido crecimiento en tamaño del fruto y la tercera fase se caracteriza por detener su tasa de crecimiento y se realizan cambios químicos y de coloración del fruto, por lo tanto, esta tercera etapa sería la más afectada por las disminuciones de luminosidad. Los cambios químicos determinantes para el sabor del fruto estarían dados por el aumento en la acidez para luego disminuir en la etapa ya de fruto maduro y acumulación de grados Brix.

Una importante característica de calidad en el pepino, es el sobre color, el que se presenta en forma de estrías alargadas de color morado distribuidas a intervalos en el fruto, también llamado rayado del fruto. Esta característica acentúa el carácter de fruta exótica al pepino dulce en los mercados internacionales.

Generalmente, se atribuye la falta de sobre color en la fruta, a un excesivo crecimiento vegetativo de las plantas, lo que determinaría una menor incidencia de la luz en los frutos. Considerando la falta de información al respecto, se evaluó la incidencia de la luz sobre el desarrollo de sobre color y calidad de los pepinos dulces, en la temporada 96/97, en Cerrillos de Tamaya, provincia de Limarí, con cuatro tratamientos: testigo sin cobertura (T1), 50% de intercepción de luz (T2), 80% de intercepción de luz (T3), 95% de intercepción de luz (T4).

Se dispuso de una superficie plantada con pepino dulce de 390 m², con plantas provenientes de material del mismo sector y en un sistema de conducción en cruceta. Las plantas se mantuvieron a cuatro ejes mediante podas, y la conducción se hizo mediante cintas garet. La densidad de plantación fue de 12.500 plantas por hectárea, con distancias de 1 x 0,8 m. Se realizó todo el manejo necesario para un buen desarrollo del cultivo. Se seleccionó un fruto por planta, en el segundo nudo reproductivo, todos en similar estado de desarrollo al momento de la selección, de un tamaño aproximado de 6 cm de longitud, forma ovoide, de color verde intenso, y que no presentaran inicios de pigmentación o sobre color. Cada racimo en que se seleccionó el fruto, fue raleado con el objeto de dejar solo un fruto por racimo. Para sombrear se utilizó una estructura de alambre esférica cubierta con malla raschel de diferentes densidades según cada tratamiento. Con cada una de estas estructuras se cubrieron los frutos seleccionados, afirmando ésta a la cinta de conducción, excepto en los frutos del testigo, los que solo se identificaron. Se evaluó el porcentaje de sobre color desde 0% para frutos sin sobre color, a 100% que correspondió a frutos completamente rayados con color morado, sólidos solubles y acidez. El sombreamiento de los frutos se realizó a los 151 días desde la plantación, y los frutos se encontraban en la etapa de rápido crecimiento y se cosecharon 35 días después de la marcación. Los resultados se observan en el **Cuadro 2.6**.

Cuadro 2.6. Porcentaje e intensidad de sobre color, sólidos solubles y acidez de frutos de pepino dulce sometidos a diferentes porcentajes de sombreamiento.

Tratamiento	Sobre color		°Brix	Acidez
	%	Intensidad		
T1	90,2 a	1,4 a	6,5 a	0,7 a
T2	63,7 b	1,5 a	6,2 a	0,8 a
T3	31,3 c	2,7 b	6,4 a	0,8 a
T4	7,0 d	2,8 b	7,1 b	1,3 b

Duncan (p<0,05).

El sombreadamiento causó grandes diferencias en el porcentaje y en la intensidad del sobrecolor con sombreadamiento de los frutos de 80% y superiores. La diferencia en sólidos solubles y acidez solo se manifestaron sobre el 80% de sombreadamiento.

La incidencia de la luz sobre el porcentaje e intensidad del color en los frutos de pepino dulce se explicaría por el efecto que ella tiene, en la acumulación de antocianinas, pigmentos que otorgan el color morado a flores y frutos. Este pigmento por ser un flavonoide, presenta como elemento clave para su biosíntesis a la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), que es la enzima que convierte la fenilalanina en ácido transcinámico, la que es inducida principalmente por la luz (Taiz and Zeiger, 1991).

2.5 Tipos varietales

En Chile no hay variedades de pepino dulce y hasta la fecha se habla de tipos que son característicos de cada zona de cultivo. La literatura señala que en la zona norte (Coquimbo y La Serena) existe un tipo característico de fruto de forma ovalada o acorazonada con extremos redondeados y escasas manchas púrpuras en la piel. El color de fondo de estos frutos es al principio verde claro, luego adquiere un color blanco cremoso y finalmente vira a amarillo cuando madura. En la zona central de Chile (La Ligua, Quillota), el fruto de pepino dulce es alargado, con el extremo apical puntiagudo. Al madurar adquiere un color cremoso con vetas de color morado. La pulpa del fruto de La Serena es más consistente que el de la zona central pero no habría diferencias entre ambos frutos en estado de madurez en la cantidad de sólidos solubles (Arenas 1992; Nuez y Ruiz 1996).

Yagnam (1993) reconoce el tipo de Ovalle y el de La Serena y describe al tipo de Ovalle como plantas que alcanzan 40 a 80 cm con gran cantidad de ramillas flexibles, frutos ovalados y aguzados en el extremo apical, de superficie lisa y de color verde claro antes de madurar y luego vira a un tono blanco cremoso con vetas de color morado, pulpa muy jugosa y azúcares entre 6 a 12° Brix.

Con el objeto de evaluar diferencias genéticas entre estos “tipos varietales” se realizó un estudio con 176 ecotipos provenientes de Coquimbo (en Cerrillos de Tamaya colectados en diferentes comunas: El siete, Subida las Sosas, Cerrillos pobre, Santa Cristina y Los olivos), de Valparaíso en La Ligua, Concón y Longotoma y también de Arica (PL). De cada ecotipo se colectó 10 folíolos jóvenes, los

que fueron utilizados para extracción de ADN, con el kit NucleoSpin Plant II, el cual se basa en la unión del ADN a una columna de sílica por la acción de sales caotrópicas, las cuales atraen las moléculas de agua permitiendo la interacción del ADN con la membrana de sílica. Se incluyó ADN de dos muestras provenientes de Ecuador. Se utilizaron 8 marcadores de SSR según el **Cuadro 2.7**, de los cuales tres provienen de tomate y cinco de papa. Las reacciones de SSR se realizaron en PCR-multiplex siguiendo el protocolo descrito por Blacket *et al.* 2012. Los productos de PCR de los multiplex 1 (SSR2762, SSR2771, SSR3811, SSR6026) y multiplex 2 (SSR6106, SSR43, SSR45, SSR80), marcadores específicamente con los fluoróforos FAM, VIC, NED y PET, se resolvieron por electroforesis capilar en un equipo ABI PRISM 3500 XL. Este equipo separa los fragmentos de ADN producto de la PCR por tamaño y los detecta por su respectiva fluorescencia, en presencia de un estándar interno de tamaño. Se utilizó el programa Genieous (versión 11.1.5) para analizar e identificar el tamaño de los fragmentos atribuidos a los alelos de cada SSR en cada genotipo, generando una tabla de doble entrada, con los datos de los alelos de ocho SSR por genotipo.

Cuadro 2.7. Primers seleccionados para *Solanum muricatum*, provenientes de tomate y papa.

SSR	Origen	Motif	Tamaño Fragmento	Partidores SSR Forward	Reverse
SSR2762	Papa	TTAA	213	CATCAAATAAGAGACCAAGGA	GATTCTGTCTCCCATTTC
SSR2771	Papa	GTT	200	GTGTTGTTGTTGATGATGATG	AAAAAGGTGTACCCAAGCTAT
SSR3811	Papa	ATGT	198	AGAAAAGGTTCAAGTCTCTTC	CCTCGTACTTTAGCAAACAAA
SSR6026	Papa	AAAG	211	GACCATGCTCCTCTCATTAT	CTCGCTTGGATTATTAGTTTG
SSR6106	Papa	TGTT	208	TATGAACATAAAGGGATCAGC	GTGAACATGAAGAACACACCT
SSR43	Tomate	TAC	237	CTCCAAATTGGGCAATAACA	TTAGGAAGTTGCATTAGGCCA
SSR45	Tomate	AAT	246	TGTATCCTGGTGGACCAATG	TCCAAGTATCAGGCACACCA
SSR80	Tomate	(TTTCAA) (GTACAA) (CAA)	186	GGCAAATGTCAAAGGATTGG	AGGGTCATGTTCTTGATTGTCA

Con los datos obtenidos, se determinaron las distancias genéticas para cada par de accesiones, utilizando el índice de simple coincidencia descrito por Sokal & Michener (1958). Luego utilizando el método de “UnWeighted Neighbor-Joining”, se agruparon y esto generó un árbol genético entre las accesiones de pepino dulce.

En la **Figura 2.13** se muestran los perfiles de dos marcadores SSR para cuatro muestras de pepino. En el total de la población colectada, se utilizaron ocho SSR, pero solo tres mostraron polimorfismos con 4,2 y 2 par de alelos para los SSR45, SSR80 y SSR2771, respectivamente. Un trabajo anterior de caracterización en una colección mantenida en España de 27 accesiones de pepino que incluyó 4 especies silvestres que describen 4, 6 y 2 alelos para los SSR43, SSR45 y SSR80 (Torrent 2014). Todos los genotipos colectados en Chile presentan el mismo patrón de alelos de SSRs, es decir presentan el mismo patrón genético.

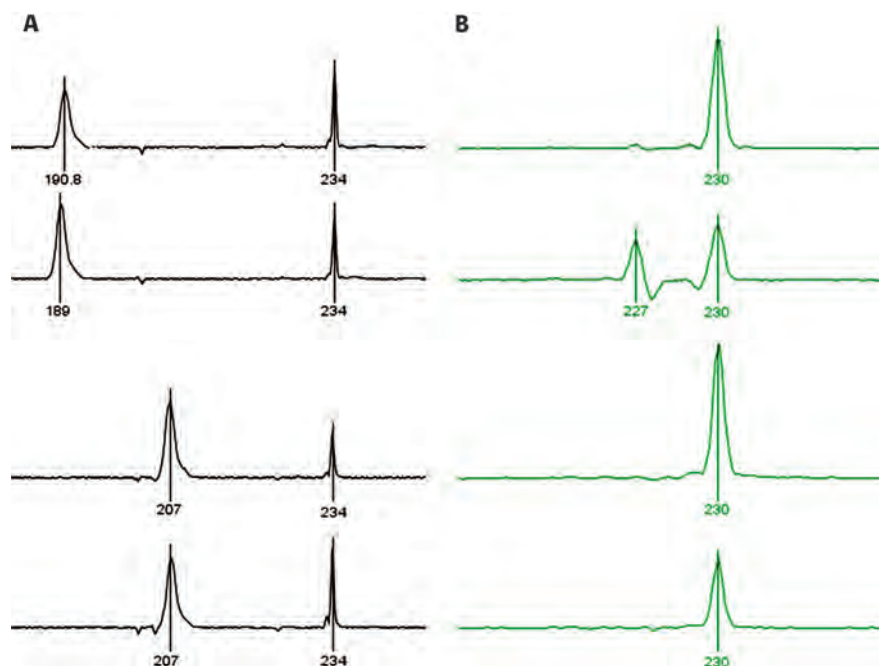


Figura 2.13. Perfil de SSR de 4 accesiones de pepino dulce (*Solanum muricatum*). Electrofenograma de los marcadores SSR45 (A) y SSR2762 (B) obtenidos por separación de fragmentos DNA mediante electroforesis capilar y detectados por fluorescencia.

En la **Figura 2.14** se muestra el resultado de análisis de agrupamiento que muestra que las accesiones colectadas en Chile en un solo grupo, diferenciándose de las variedades de Ecuador. La excepción es el clon PL-06 (proveniente de Arica) que difieren en un solo marcador, específicamente es homocigoto para el marcador SSR45 en circunstancias que todos fueron heterocigotos para este locus. Estos análisis sugieren que se trata de un material muy homogéneo originado de una misma planta que sistemáticamente se ha propagado en forma vegetativa y

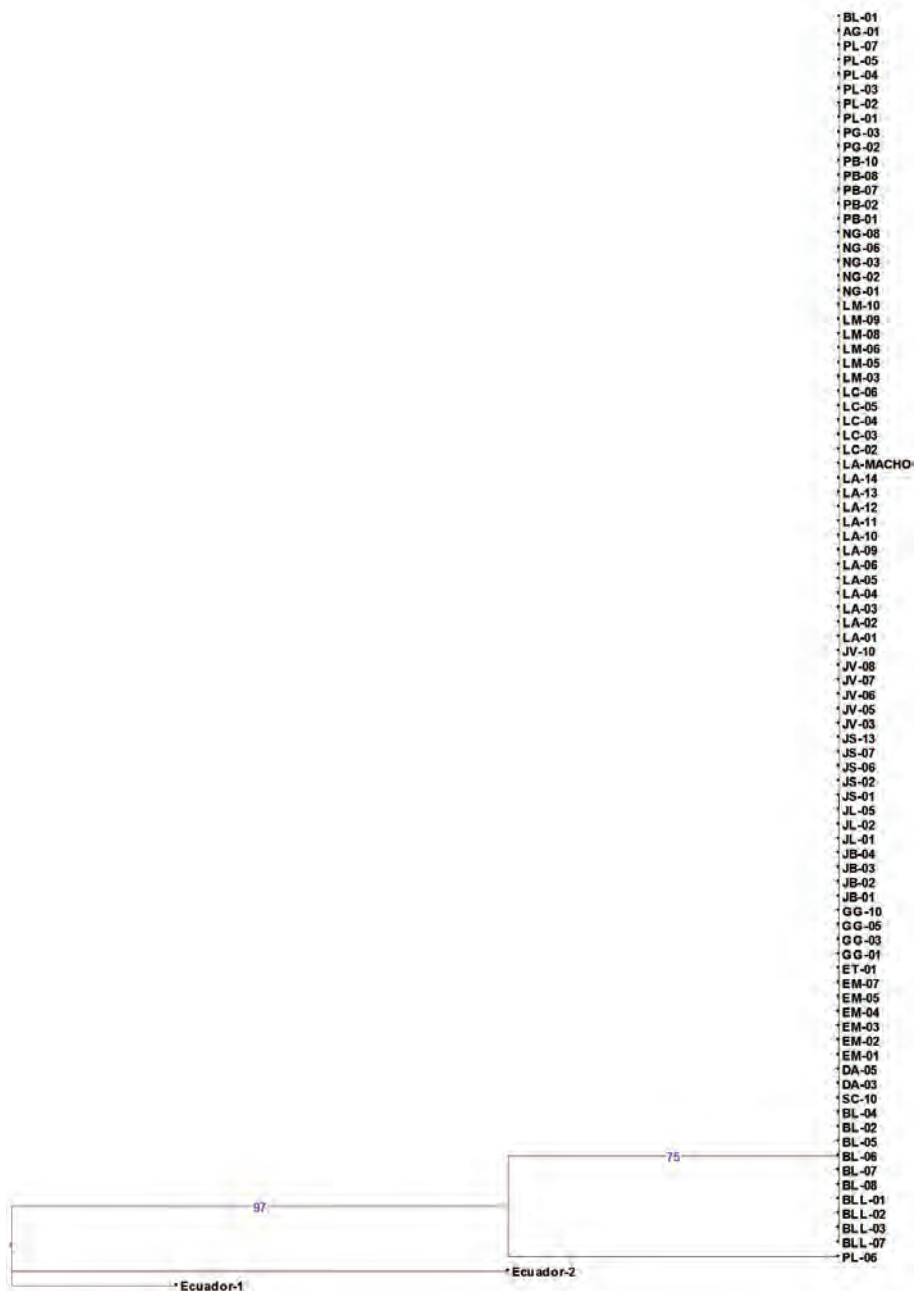


Figura 2.14. Dendrograma de agrupamiento basado en "UnWeighted Neighbor-Joining". Las distancias genéticas se basan en el índice Simple Matching.

que las variaciones genéticas –si es que existen– se deben a mutaciones de un mismo clon originario. Sin embargo, estos resultados deben corroborarse con análisis adicionales incluyendo tanto un mayor número de SSR informativos como accesiones de pepino de distinta procedencia. Recientemente nuestro grupo ha obtenido un borrador de la secuencia del genoma del pepino (Correa *et al.* 2017) lo que facilitará el desarrollo de nuevos SSR y otros marcadores moleculares útiles para la conservación y mejoramiento genético de esta importante especie.

Bibliografía

- Arenas, L. 1992. Monografía del pepino dulce. Tesis Universidad Católica de Valparaíso. 167 p.
- Blacket, M.J., C. Robin, R.T. Good, S.F. Lee, A.D. Miller. 2012. Universal primers for fluorescent labelling of PCR fragments—an efficient and cost-effective approach to genotyping by fluorescence. *Molecular Ecology Resources* 12(3):456–463. doi:10.1111/j.1755-0998.2011.03104.x.
- Blanca, J.M., J. Prohens, G. Anderson, E. Zuriaga, J. Cañizares, F. Nuez. 2007. AFLP and DNA sequence variation in an Andean domesticated pepino (*Solanum muricatum*, Solanaceae): implications for evolution and domestication. *American Journal of Botany* 94(7): 1219–1229.
- Correa, F., C. Martin, A. Bastia, J. Pérez, C. Contreras, C. Jana, R. Almada, P. Rojas, R. Verdugo, B. Sagredo, C. Yáñez and M. Cuevas. 2017. The first draft of the sweet cucumber (*Solanum muricatum*, Aiton) Genome Sequence. XII Chilean Society of Plant Biology Meeting. December 4th – 7th, 2017. Villarrica. Chile.
- Herraiz, F., S. Vilanova, M. Plazas, P. Gramazio, I. Andújar, A. Rodríguez-Burruezo, A. Fita, G. Anderson, J. Prohens. 2015. Phenological growth stages of pepino (*Solanum muricatum*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae* 183:1–7.
- IPGRI; COMAV. (2004). Descriptors for pepino (*Solanum muricatum*). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia, e Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Valencia, España.
- Krapovickas, A. 2010. La domesticación y el origen de la agricultura. *Bonplandia* 19(2):193–199. ISSN: 0524-0476.

- Lancashire, P.D., H. Bleiholder, T. Van den Boom, P. Langelüddeke, R. Stauss, E. Weber and A. Witzemberger. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals Of Applied Biology* 119(3):561-601.
- Murray, B., K. Hammett and F. Grigg. 1992. Seed set and breeding system in the pepino *Solanum muricatum* Ait., Solanaceae. *Scientia Horticulturae* 49(1-2):83-92.
- Nuez, F. y J. Ruiz. 1996. El pepino dulce y su cultivo. FAO. Roma 142 p.
- ODEPA. 2018. En: www.odepa.gob.cl/volumenes-de-frutas-y-hortalizas-arribados-en-mercados-mayoristas-del-pais-informe-por-producto.
- Rodríguez-Burruezo, A., J. Prohens and A. M. Fita. 2011. Breeding strategies for improving the performance and fruit quality of the pepino (*Solanum muricatum*): A model for the enhancement of underutilized exotic fruit. *Food Research International*, 44(7):1927-1935.
- Sokal, R.R. and C.D. Michener. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *The University of Kansas Science Bulletin* 38(22):1409-1438.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing.
- Torrent, S. D. 2014. Caracterización morfológica y molecular en pepino dulce (*Solanum muricatum*) y especies silvestres relacionadas. Tesis para optar el grado de Agronomía, especialidad Biotecnología. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Yagnam, F. 1993. Pepino dulce. Un cultivo con perspectivas para la IV región. *Norte Agrofrutícola* 2:31-41.

Capítulo 3

Caracterización de las zonas de producción en Chile

Claudio Balbontín N.

Ing. Agrónomo, M.C., Dr.

claudio.balbontin@inia.cl

Constanza Jana A.

Ing. Agrónoma M. Sc., Dra.

Históricamente, el cultivo de pepino dulce se ha concentrado en las regiones de Coquimbo y Valparaíso. De acuerdo a los datos oficiales el Valle del Limarí es la principal zona productora del país, seguida de zonas costeras ubicadas en la provincia de Valparaíso, pero con muy baja superficie (Censo Agropecuario, INE 2007). A partir de esta evidencia, el INIA Intihuasi se dio a la tarea de caracterizar desde el punto de vista agroclimático ambas zonas productoras con el objeto de identificar condiciones edafoclimáticas locales que puedan aportar a las características de calidad de la fruta producida en esos sitios.

3.1 Metodología para la caracterización climática y edáfica

Las localidades de Cerrillos de Tamaya (región de Coquimbo), La Ligua y Concón (Valparaíso) fueron seleccionadas para realizar una caracterización intensiva de las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla el cultivo. Para la caracterización climática de las zonas productoras de pepino dulce se utilizó información disponible en la Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático (UNEA) del Ministerio de Agricultura (www.minagri.gob.cl/agroclimatico), la red agroclimática de Fedefruta (<http://www.agroclima.cl/>) y estaciones meteorológicas instaladas en parcelas de agricultores de Cerrillos de Tamaya. Se analizaron las series temporales de las temperaturas medias, mínimas y máximas, la radiación solar incidente, la humedad relativa mínima

y máxima y la velocidad del viento. A partir de esta información, se estimó la demanda ambiental a través del parámetro evapotranspiración de referencia (Penman Monteith, ETo) y la sumatoria de días grado.

Para caracterización de los suelos presentes en los predios de los agricultores de pepino dulce ubicados en la zona de Cerrillos de Tamaya, La Ligua y Concón se adquirió material cartográfico (CIREN). Lamentablemente y de acuerdo a la base de datos de CIREN, a la fecha no se cuenta con la descripción de los suelos presentes en las zonas analizadas, por lo que se utilizaron las descripciones para zonas muy cercanas a los sitios productores, que se consideraron representativas. No obstante, se realizaron descripciones de perfiles modales (calicatas) y descripción de posición de las parcelas en el paisaje. Así mismo, se efectuaron muestreos de suelo en las parcelas de los agricultores, las que fueron analizadas en laboratorio para la determinación de texturas, pH, porcentaje de materia orgánica, conductividad eléctrica. Los muestreos de suelo fueron efectuados utilizando un protocolo estandarizado, colectando muestras compuestas de los primeros 20 cm del horizonte superficial del suelo, sitio de mayor desarrollo radical del cultivo.

3.2. Caracterización climática

Las zonas productoras de pepino dulce ubicadas en las regiones de Coquimbo (Cerrillos de Tamaya) y Valparaíso (La Ligua, Concón) presentan similitudes climáticas ya que ambas localidades corresponden a climas de valles con influencia marina (**Figura 3.1**).

La zona productora de Cerrillos de Tamaya (30°34'11"S, 71°26'45"O) se ubica en un sector a 20 km de la costa, lo cual define un clima con altos niveles de influencia marítima, pero con un régimen térmico más cálido que el litoral. La nubosidad matinal es una característica muy frecuente en la zona y el régimen térmico se caracteriza por temperaturas máximas que varían en promedio entre los 27°C y 28°C durante el verano (mes de enero) y temperaturas mínimas entre 4,2°C a 5,9°C, durante el invierno (mes de julio). El periodo libre de heladas oscila entre 320 y 350 días, con una frecuencia promedio entre a 4 y 10 heladas por año. Anualmente registra una acumulación térmica entre 1.700 a 1.900 Días Grados (base 10) y entre 400 a 900 horas de frío (base 7°C). El régimen hídrico registra una precipitación media anual entre 70 a 200 mm, un déficit hídrico de 1.190 a 1.460 mm y un período seco entre 8 a 12 meses. Es interesante destacar que,

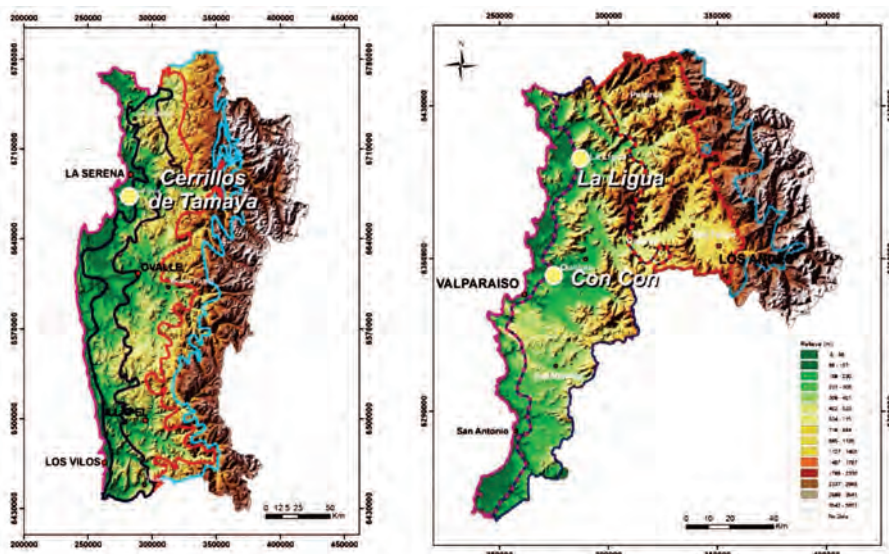


Figura 3.1. Delimitación agroclimática de las regiones de Coquimbo y Valparaíso (adaptado de www.minagri.gob.cl/agroclimatico).

a diferencia de las otras zonas de Valparaíso, la zona productora de Cerrillos de Tamaya no recibe directamente la influencia marítima ya que presenta una barrera natural representada por un conjunto de relieve elevado (parque Fray Jorge), que descarga por orografía algo del contenido de humedad de la masa de aire.

Por su parte, las zonas productoras de Valparaíso, La Ligua ($32^{\circ}28'43''S$, $71^{\circ}12'55''O$) y Concón ($32^{\circ}55'23''S$, $71^{\circ}24'54''O$), ubicadas a 20 km y 10 km de la costa, respectivamente, ocupan una posición de parte baja de serranías y quebradas costeras, cuencas y quebradas de interior. Dada su posición en valles costeros, la influencia oceánica se ve reflejada en una atenuación de las condiciones térmicas. No obstante, la influencia marítima, la posición de “fondo” induce un mayor riesgo de heladas. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas máximas que varían entre $26^{\circ}C$ y $28^{\circ}C$ en verano (mes de enero) y temperaturas mínimas entre 4 a $5^{\circ}C$ en invierno (mes de julio). El periodo libre de heladas comprende 260 a 345 días, con un promedio de 5 a 15 heladas por año. Registra anualmente una acumulación térmica entre 1.500 a 1.800 grados día y 770 a 1.100 horas de frío. El régimen hídrico registra una precipitación media anual entre 380 y 490 mm, un déficit hídrico de 900 a 1.000 mm y un periodo seco de 8 meses. En el **Cuadro 3.1** se resumen las principales características climáticas de las zonas productoras descritas.

Cuadro 3.1. Resumen características climáticas zonas de Cerrillos de Tamaya y La Ligua / Concón.

Zona	Cerrillos de Tamaya	La Ligua / Concón
Clasificación general	Valles interiores con influencia marítima	Valles interiores con influencia marítima
Máxima de enero	27°C a 28°C	26°C a 28°C
Mínima de julio	4,2°C a 5,9°C	4°C a 5°C
Sumatoria días grado	1.700 a 1.900 DG	1.500 a 1.800 DG
Periodo libre de heladas	320 a 350 días	260 a 345 días
Horas frío	400 a 900 horas	770 a 1.100 horas
Número de heladas	4 a 10	5 a 15
Precipitación media anual	70 a 200 mm	380 y 490 mm
Déficit hídrico	1.190 a 1.460 mm	900 a 1.000 mm
Periodo seco	8 a 12 meses	8 meses

3.2.1. Monitoreo climático

El monitoreo de variables climáticas se realizó con estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas productoras de pepino dulce. Para esto, se instalaron tres estaciones en la zona de Cerrillos de Tamaya (región de Coquimbo) mientras que en la región de Valparaíso el análisis fue realizado utilizando estaciones meteorológicas de la red FDF (www.agroclima.cl) (**Cuadro 3.2**).

Cuadro 3.2. Ubicación estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático.

Estación	Región	Comuna	Ubicación		Altitud (m.s.n.m.)
			Latitud	Longitud	
La Higuera (FDF)	Valparaíso	La Ligua	32°29'33.71"S	71°09'10.4"O	135
Quillota (FDF)	Valparaíso	Quillota	32°53'32.60"S	71°12'24.2"O	139
A. García (INIA)	Coquimbo	Ovalle	30°36'47.02"S	71°29'26.9"O	304
S. Cortés (INIA)	Coquimbo	Ovalle	30°33'23.07"S	71°28'36.2"O	304
J. Bugueño (INIA)	Coquimbo	Ovalle	30°32'30.14"S	71°26'32.6"O	304

3.2.2 Temperatura del aire

Con el objeto de comparar el comportamiento de las variables meteorológicas en las zonas productoras, se consideró el registro de datos durante un ciclo

hidrológico completo (temporada 2015-2016). Los valores promedios mensuales de las temperaturas máximas, mínimas y media, tanto de las estaciones INIA (Cerrillos de Tamaya) como las de FDF (Valparaíso) son resumidos en la **Figura 3.2**.

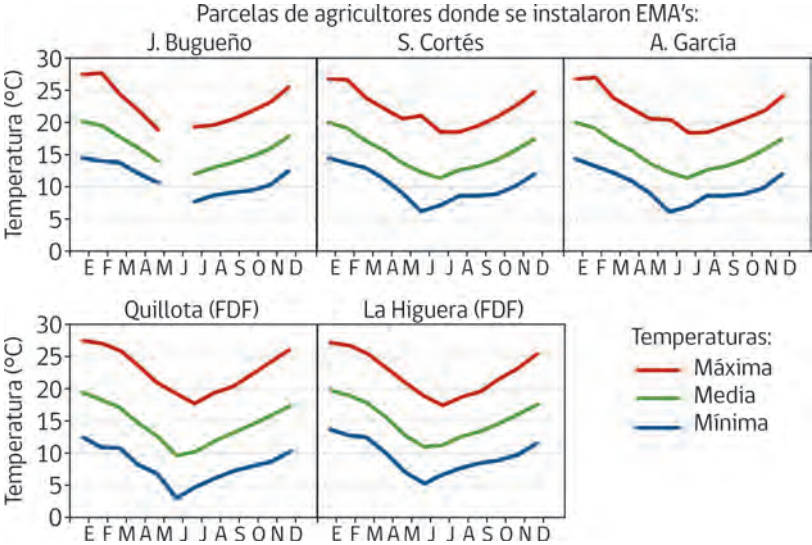


Figura 3.2. Valores promedio mensual de la temperatura del aire en las estaciones meteorológicas de Coquimbo y Valparaíso durante la temporada 2015/16.

Como se puede observar, en general los valores de temperaturas son muy parecidos entre las estaciones de cada región y las mayores diferencias se observan en los valores extremos, pero con valores medios muy similares. Para visualizar las diferencias entre las estaciones, en la **Figura 3.3** se compara cada tipo de temperatura.

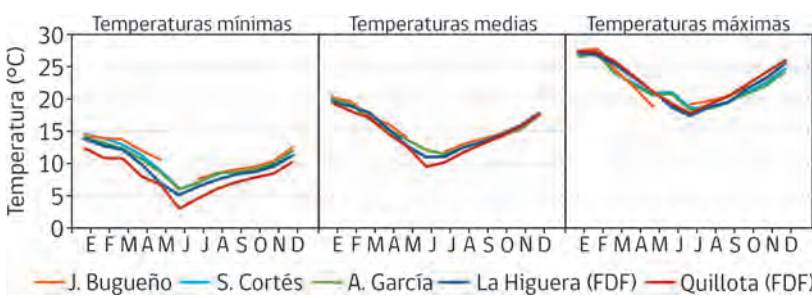


Figura 3.3. Comparación de temperaturas máximas, medias y mínimas promedio mensual en estaciones ubicadas en las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

Como se puede apreciar, las mayores diferencias se registran en las temperaturas promedio mínimas de ambas estaciones de la región de Valparaíso, las cuales registran valores más bajos en comparación con los registros de Coquimbo. Así mismo, los valores de la temperatura máxima del aire también son mayores en Valparaíso, pero en menor magnitud. Para analizar estas diferencias, en la **Figura 3.4** se señalan los valores máximos y mínimos absolutos mensuales de la temperatura del aire.

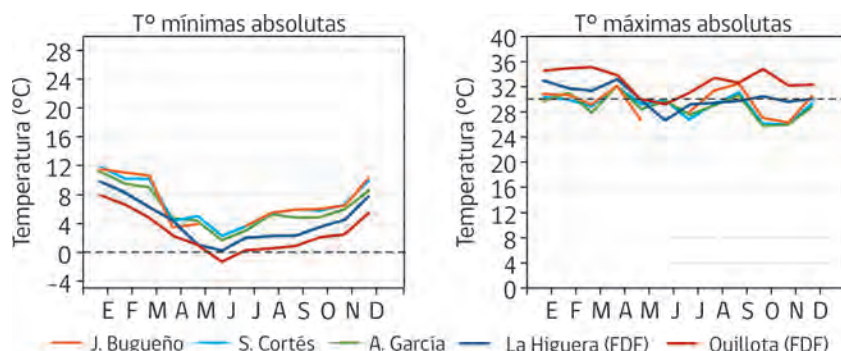


Figura 3.4. Temperaturas máximas y mínimas absolutas mensuales en las estaciones de las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

De esta manera se puede observar con mayor claridad que los valores mínimos y máximos de la temperatura del aire alcanzan valores más extremos en las estaciones ubicadas en Valparaíso. Se puede apreciar que durante el mes de junio se registran valores bajo cero en la estación Quillota y muy próximo a cero en la estación La Higuera, no así en las estaciones de Coquimbo. Por otro lado, los valores máximos absolutos en la estación Quillota son superiores a 30°C durante gran parte del año y pueden bordear los 35–36°C en los meses de verano, lo cual no ocurre en las estaciones de Coquimbo, donde los valores máximos absolutos se sitúan en torno a los 30°C.

3.2.3 Humedad relativa

Por su parte, los registros promedios mensuales de la humedad relativa del aire (HR) en las estaciones analizadas son señalados en la **Figura 3.5**, como se puede apreciar existe bastante similitud entre los valores medios de las estaciones de ambas regiones.

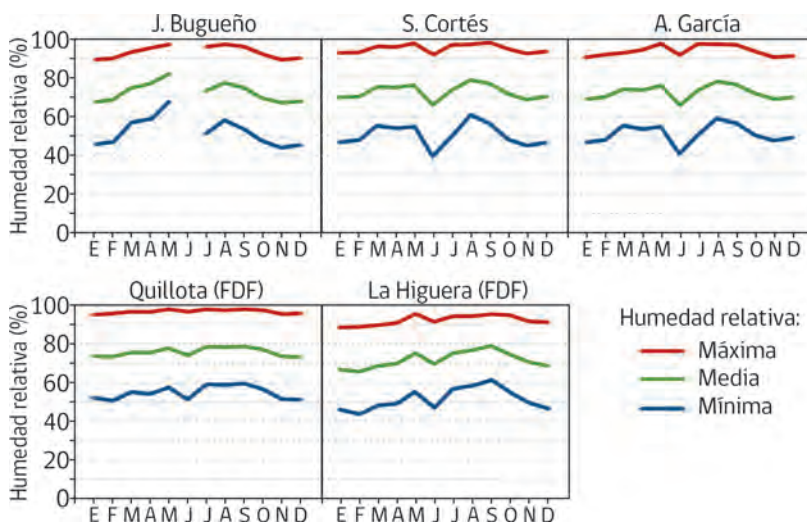


Figura 3.5. Valores promedio mensual de la HR en las estaciones meteorológicas de las regiones de Coquimbo y Valparaíso, durante la temporada 2015/16.

Para visualizar posibles diferencias en esta variable, se analizaron los valores mínimos absolutos mensuales de la HR. De este modo, se pudo apreciar que existen varias tendencias a lo largo del año, con valores más bajos de la HR en las estaciones de Valparaíso durante el verano, valores muy similares durante el invierno y valores superiores de HR mínima durante la primavera (Figura 3.6).

3.2.4 Demanda ambiental

La evapotranspiración de referencia (ETo) es un buen indicador de la demanda del ambiente donde se desarrolla un cultivo y por tanto de sus necesidades de riego. Sus valores se calculan a partir de múltiples variables meteorológicas (radiación solar, temperatura del aire, velocidad del

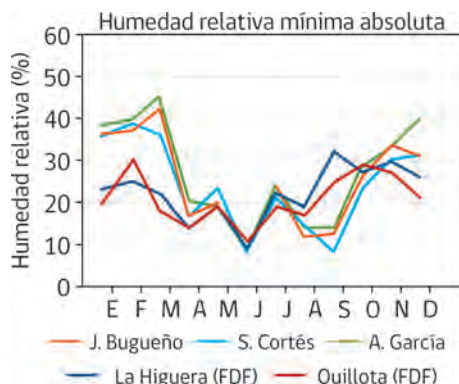


Figura 3.6. Comparación valores mínimos absolutos mensuales de la HR en las estaciones meteorológicas de las regiones de Coquimbo y Valparaíso durante la temporada 2015/16.

viento, humedad relativa), por lo cual, integra las condiciones ambientales de cada zona y su influencia sobre el cultivo. La ecuación Penman Monteith (Allen *et al.* 1998) es la que permite el cálculo estandarizado de esta variable. En la **Figura 3.7** se señalan los valores de ETo para las estaciones meteorológicas analizadas.

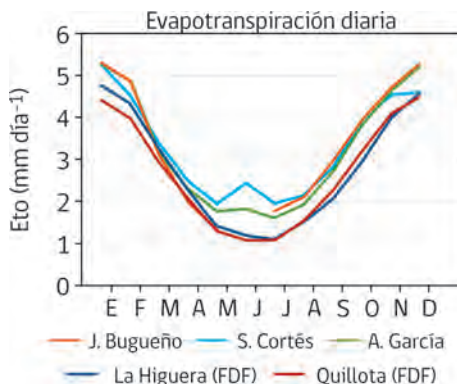


Figura 3.7. Evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}) promedio mensual.

Como se puede apreciar, los valores de ETo fueron superiores en Coquimbo durante todo el año y solo se asemejan entre las localidades durante el otoño.

Mientras que, en Coquimbo, los valores máximos promedios mensuales alcanzan los 5 mm día^{-1} durante el verano, en Valparaíso alcanzan $4,5 \text{ mm día}^{-1}$. En el análisis de los datos se puede observar que, si bien es cierto, los valores promedios mensuales son inferiores en Valparaíso, los valores máximos absolutos registrados en Quillota pueden ser superiores a los registrados en Coquimbo, en algunos días del año.

Al analizar la ETo acumulada a lo largo del año, a igual período de tiempo comparado (necesidades de riego acumuladas), en los cinco sitios se observan ciertas diferencias. En la **Figura 3.8** se presenta una gráfica con el comportamiento anual de la ETo acumulada anual.

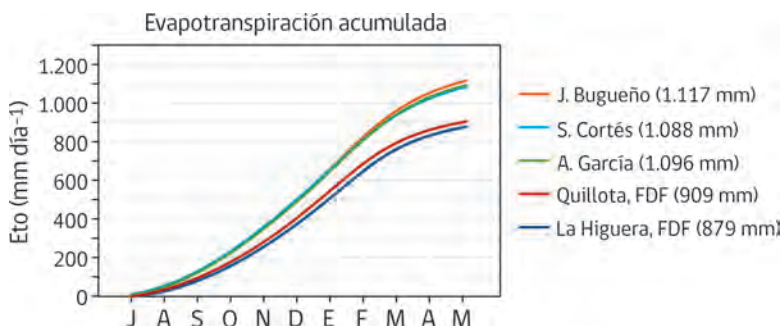


Figura 3.8. Evapotranspiración de referencia acumulada durante la temporada 2015-2016 en las estaciones meteorológicas analizadas.

Como se aprecia, los valores de la ETo acumulada en las estaciones de Coquimbo superan los 1.000 mm, mientras que en Valparaíso se sitúan en torno a 900 mm. La diferencia en la demanda ambiental entre los dos sitios analizados lleva a

necesidades anuales de riego diferente. Si se considera un año completo, los 100 mm de diferencia en ETo representan 1.000 m³ ha año de riego. Por lo tanto, la mayor demanda ambiental en la zona norte representa una mayor tasa de transpiración del cultivo, un mayor consumo en riego y puede inducir diferencias en los componentes presentes en la fruta.

3.2.5 Sumatoria de Días Grado (DG)

El concepto de “Días Grado” corresponde a la suma térmica por sobre un umbral o base de temperatura para alcanzar un determinado estado fisiológico. Según Santibáñez y Uribe (2001), para las especies de origen templado, el umbral es de 5°C y para las especies tropicales y sub-tropicales es de 10°C. En este trabajo se ha considerado una temperatura base de 10°C. Este parámetro se aplica para la definición de estados fenológicos del cultivo. En la **Figura 3.9** se señala la sumatoria DG durante la temporada 2015–2016 para las estaciones analizadas.

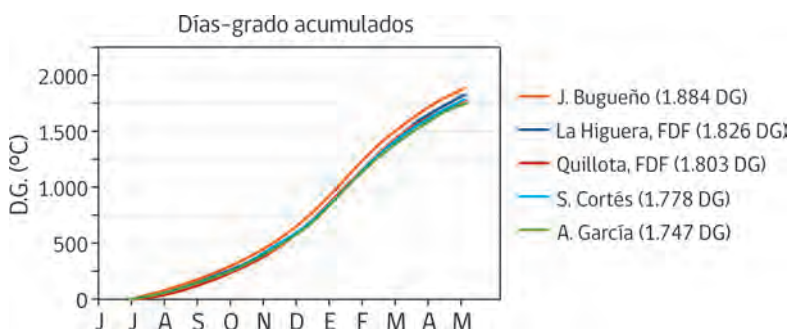


Figura 3.9. Días Grado (base 10°C) acumulados durante la temporada 2015–2016 en las estaciones meteorológicas analizadas.

Como se puede observar, se identifican algunas diferencias entre las estaciones analizadas al acumular la sumatoria térmica a escala anual. Al considerar períodos más breves (como la duración del cultivo del pepino dulce) las diferencias se reducen.

3.2.6 Conclusiones generales

El conjunto de la información meteorológica analizada permite identificar diferencias climáticas entre las dos zonas comparadas, las cuales con seguridad influyen en el desarrollo del cultivo en ambas regiones. En el **Cuadro 3.3** se resume los valores de las principales variables climáticas registradas en las estaciones meteorológicas analizadas.

Cuadro 3.3. Valores de las principales variables meteorológicas registradas en estaciones meteorológicas de Coquimbo y Valparaíso.

Estación	Temperatura			Humedad relativa		ETo mm día ⁻¹	ETo acumulada mm año ⁻¹	DG (%)
	Mínima	Media (°C)	Máxima	mínima	máxima (%)			
J. Bugueño	11,3 (3,6)*	15,9	22,6 (32,4)	53,4 (11,8)	93,6	2,2 (6,7)	1.118	1.883
S. Cortés	10,3 (2,3)	15,2	22,1 (32,2)	50,9 (8,3)	95,4	3,5 (6,9)	1.088	1.778
A. García	10,0 (1,8)	15,0	21,9 (31,9)	51,4 (8,9)	94,3	3,7 (7,2)	1.096	1.747
Quillota (FDF)	8,3 (-1,1)	14,8	23,1 (35,3)	54,6 (11)	96,6	2,8 (6,4)	918	1.803
La Higuera (FDF)	9,7 (0,4)	15,4	22,7 (33,3)	51,2 (9,0)	92,3	2,9 (7,3)	866	1.826

* Los valores entre paréntesis corresponden a valores máximos o mínimos absolutos.

A partir de esta información se puede concluir que la zona productora de Valparaíso presenta condiciones de temperaturas mínimas más bajas, con medias más bajas en Quillota y con valores bajo cero en algunos instantes del año y por tanto un mayor riesgo de heladas. Las temperaturas máximas promedio son similares, pero con valores extremos mayores en esta región, especialmente en la zona de Quillota. La sumatoria térmica representada por el comportamiento de los días grados es muy similar en ambas regiones. La variable integral de evapotranspiración de referencia (ETo) indica notables diferencias entre ambas zonas productoras, con una mayor demanda ambiental en la zona de Cerrillos de Tamaya que se traduce en mayores necesidades de riego en esta zona.

3.3 Caracterización edáfica de sitios productores de pepino dulce en las regiones de Coquimbo y Valparaíso

3.3.1 Zona productora Cerrillos de Tamaya, valle del río Limarí

La zona productora de pepinos dulce ubicada en Cerrillos de Tamaya (Valle del Limarí) está situada en un contexto agroclimático de semi-aridez con una pluviometría promedio anual en el rango 70 a 200 mm, que, si bien es superior al norte desértico chileno, representa valores bajos y definen un déficit hídrico

importante para el desarrollo de la vegetación. Debido a este contexto climático, el desarrollo de los suelos es menor en comparación a otros suelos del sur de Chile y la presencia de horizontes con mayor nivel de evolución es menor. Esta zona productora se sitúa en una zona intermedia, entre las cordilleras de Los Andes y de La Costa y sobre suelos de origen aluvial (terrazas), muy próximas al río Limarí (**Figura 3.10**).

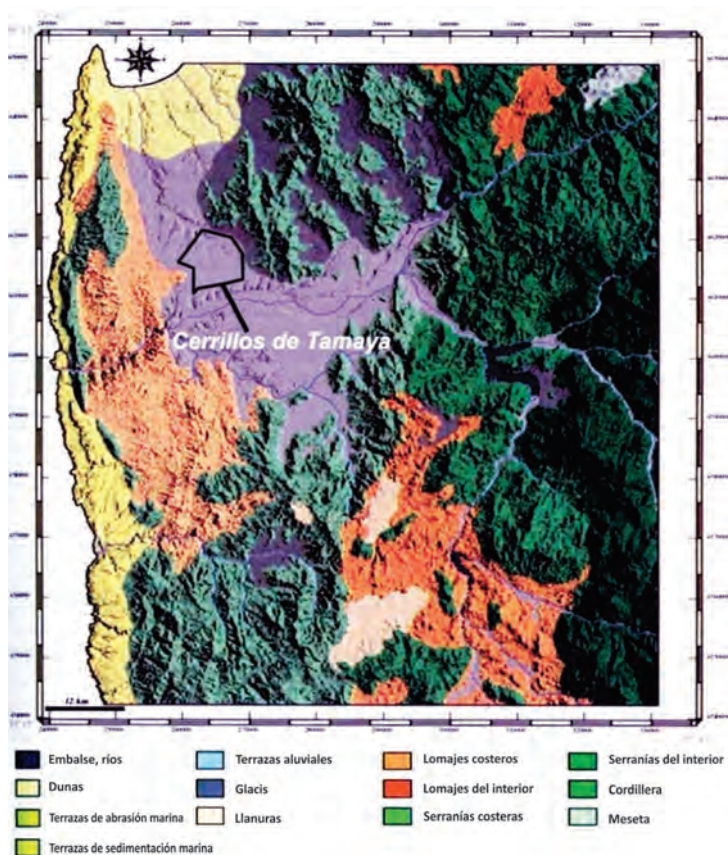


Figura 3.10. Fisiografía general de la zona árida y semi-árida del río Limarí (adaptado de Pouget *et al.* 1996).

En las caracterizaciones edáficas realizadas en las parcelas de los productores de pepino dulce de la zona, se pudo identificar tipos de suelo característicos de las terrazas aluviales del río Limarí, desarrollados en posiciones de valles interiores con influencia marítima (Luzio, 2010). Uno de ellos, son suelos que presentan diferentes grados de desarrollo (algunos con muy poco desarrollo, sin

horizonte B), ligeramente profundos (hasta 63 cm), sobre un sustrato de gravas abundantes, con una matriz arenosa o franco arenosa. Dominan las estructuras de bloques fuertes y los suelos permiten en general una buena penetración radical. El contenido de materia orgánica es bajo (inferior al 1%) el cual disminuye en profundidad. Las capacidades de uso de estos suelos varían entre las clases II, III y IV, dependiendo del grado de drenaje el cual puede ir entre imperfecto a pobre. La Serie de suelo Huamalata es un buen representante de este tipo de suelos.

El otro tipo de suelo observado en las parcelas productoras (ej. S. Cortés), es con características vérticas muy claras. Estos suelos son de origen sedimentario (rocas básicas), ligeramente profundo, con estructuras prismáticas, alto contenido de arcillas, con grietas y slickensides¹, que descansa sobre un horizonte petrocálcico muy compactado, que impide el desarrollo radical en profundidad. El contenido de materia orgánica es superior al suelo descrito anteriormente (1,8%), descendiendo en profundidad. La serie de suelo Tuquí es un buen ejemplo de este tipo de suelos.

3.3.1.1 Descripción de perfiles modales

I. Sitio: Santa Cristina, Agricultor Javier Bugueño (30°32'S; 71°26'O).

Información general del sitio de muestreo: Suelo delgado, con abundante presencia de piedras y gravas de diversos tamaños (5 a 15 cm) que limitan la mecanización del cultivo y la capacidad de almacén de agua en el perfil. Se aprecia una matriz franca arcillosa muy compactada que limita el desarrollo radical en profundidad. También se aprecia agua libre a 80 cm con ascenso capilar y presencia de moteados. El cultivo de pepino dulce actual tiene un buen desarrollo general y no se aprecian problemas sanitarios (**Figuras 3.11 a 3.13**).

- **Descripción del paisaje en torno a la parcela agrícola:**
 - **Posición fisiográfica:** Meseta sobre quebradas (terrazza plana). Parte alta del relieve. Pendiente convexa. Origen del suelo *in situ* (posición alta).
 - **Relieve:** posición intermedia entre quebradas. Relieve ondulado con micro relieve formado por camellones inducidos por actividades agrícolas.
 - **Pendiente:** 0,5% (plano)
 - **Uso:** Agrícola

¹ Slickensides: representan evidencia de alta proporción de arcillas, que al labrar producen movimientos de agua, por lo que los riegos deben ser cuidadosos.

- **Drenaje:** Perfil correctamente drenado en superficie, pero con nivel freático a 80 cm.
- **Humedad del suelo:** Humedad superficial inducida por el riego, luego seco hasta el nivel freático superficial.
- **Erosión:** Hídrica y eólica
- **Sales:** No
- **Pedregosidad:** Abundante presencia de gravas y piedras, de tamaños medios y grandes.



Figura 3.11. Condición del cultivo en la parcela Sr. J. Bugueño. Destaca la pedregosidad superficial abundante.



Figura 3.12. Situación del paisaje en la parcela Sr. J. Bugueño.

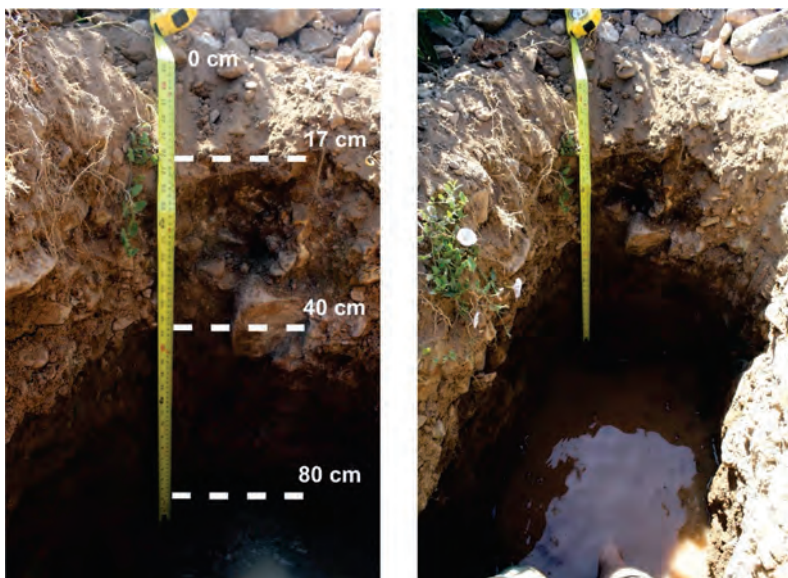


Figura 3.13. Calicata en la parcela del Sr. J. Bugueño con principales horizontes. Destaca nivel freático a 80 cm.

- **Descripción del perfil:**

Profundidad (cm)

0 – 17, Ap1: Pardo (7,5YR 3/4) en húmedo; franco arenoso; estructura granular simple muy débil; sin terrones; sin adherencia, límite lineal difuso; raíces finas abundantes y medias comunes, pedregosidad en un 20% del volumen.

17 – 40, B: Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; estructura de bloques angulares fuertes; presencia de grava 60%; límite lineal difuso; raíces finas escasas.

40 – 80, BC: Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; gravas y bolones en más de un 80% con matriz arenosa sin adherencia; límite lineal claro; raíces finas escasas, moteados.

II. Sitio: Agricultor Ariel García (30°37'S; 71°29'O).

Información general del sitio de muestreo: Suelo agrícola delgado (27 cm), con gran presencia de piedras y gravas medias tanto en superficie como en el perfil de suelo, que limitan la capacidad de almacén de agua, el desarrollo radical, así

como las labores mecánicas en el suelo. Se aprecia una fuerte compactación de los horizontes más profundos que también limitan el crecimiento radical. Cultivo más atrasado fenológicamente que el sitio anteriormente descrito. En general sin problemas sanitarios ni plagas (**Figuras 3.14 a 3.16**).



Figura 3.14. Condición del cultivo en parcela Sr. A. García. Destaca la pedregosidad abundante.



Figura 3.15. Situación del paisaje en la parcela Sr. A. García.

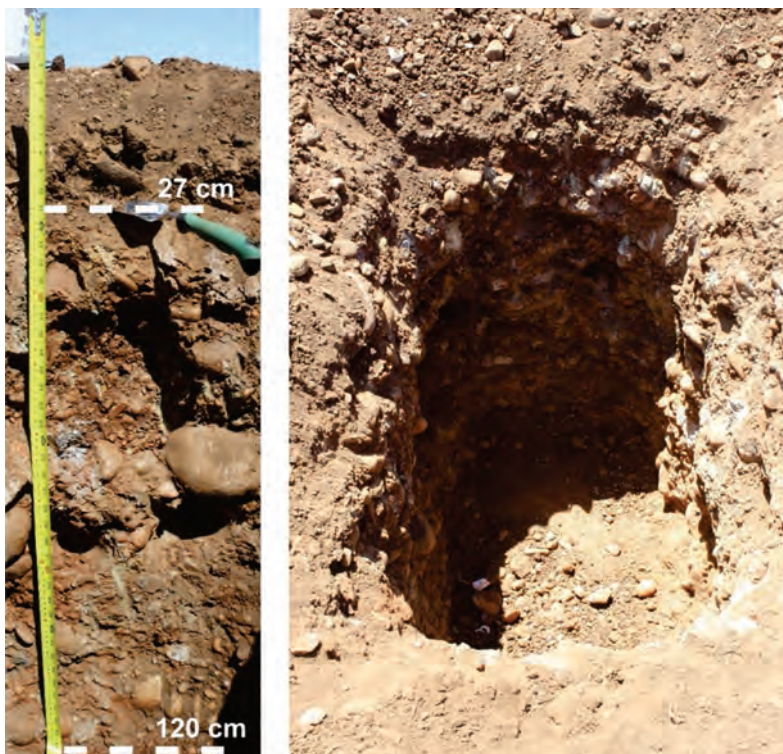


Figura 3.16. Calicata en la parcela Sr. A. García.

Descripción del paisaje en torno a la parcela agrícola:

- **Posición fisiográfica:** Meseta sobre quebradas (terrazza plana en parte alta). Pendiente convexa. Origen del suelo *in situ* (posición alta).
- **Relieve:** posición intermedia entre quebradas. Relieve plano sin micro relieve. Pendiente: 0,0%
- **Uso:** Agrícola
- **Drenaje:** Perfil correctamente drenado.
- **Humedad del suelo:** Seco, sin inducción por riego en sector de la calicata.
- **Erosión:** Hídrica y eólica principalmente
- **Sales:** No
- **Pedregosidad:** Abundante presencia de piedras de todos los tamaños, medias grandes abundantes.

- **Descripción del perfil:**

Profundidad (cm).

0 – 27, Ap1: Pardo rojizo oscuro (5YR 2.5/2) en húmedo; franco arcilloso; estructura granular simple; terrones pequeños muy firmes; con adherencia, baja plasticidad, límite difuso; pedregosidad media (5 cm y menores), raíces finas comunes, poros finos abundantes.

27 – 120, B: Rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo; pedregosidad abundante con matriz arcillosa muy firme en seco; presencia de grava 60% del volumen en diferentes tamaños desde bolones a piedras menores, graníticas; límite lineal difuso; sin raíces; se observan óxidos.

III. Sitio: Agricultor Salvador Cortés (30°33'S / 71°28'O).

Información general del sitio de muestreo: Suelo agrícola profundo (mayor a 70 cm) con gran presencia de arcillas (más del 50%). Propiedades vérticas en todo el perfil evaluado (grietas, cuñas, slickensides). Textura con alta capacidad de retención de humedad lo cual genera drenaje interno imperfecto, así como dificultades para el desarrollo radical por dureza. El manejo actual del riego en la parcela cultivada, genera un contenido de humedad continuamente alto que limita el desarrollo radical del cultivo por falta de oxígeno (asfixia) y favorece el desarrollo de enfermedades fungosas. De esta manera, las raíces del cultivo se concentran en la zona superficial del suelo (primeros 15 cm con ciclos de secado adecuados para la aireación del suelo) (**Figuras 3.17 a 3.19**).



Figura 3.17. Situación del cultivo en la parcela Sr. S. Cortés.



Figura 3.18. Situación del paisaje en la parcela Sr. S. Cortés.

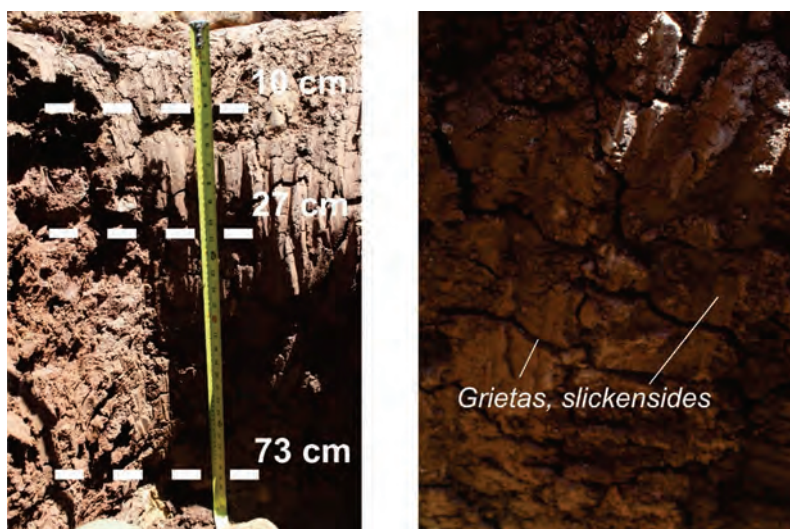


Figura 3.19. Calicata en parcela Sr. S. Cortés con principales horizontes descritos y destacando presencia de grietas y slickensides.

- **Descripción del paisaje:**

- **Posición fisiográfica:** Meseta plana sobre quebradas. Origen del suelo *in situ*.
- **Relieve:** posición intermedia entre quebradas. Relieve plano sin micro relieve.
- **Pendiente:** 0,0%
- **Uso:** Agrícola
- **Drenaje:** Perfil pobremente drenado.
- **Humedad del suelo:** Húmedo, inducido por riegos.
- **Erosión:** No
- **Salas:** Si, provenientes del agua de riego
- **Pedregosidad:** Abundante presencia de piedras de tamaños medios.

- **Descripción del perfil:**

Profundidad (cm)

0 - 10, Ap1: Café oscuro rojizo (2,5YR 3/3) en húmedo; arcilloso; estructura granular; terrones en prismas largo; grietas; muy firme en seco, gravas y piedras en un 20% del volumen; límite lineal claro; poros finos; raíces finas comunes.

10 - 27, Ap2: Pardo rojizo (2,5YR 5/4) en húmedo; arcilloso; estructura de bloques sub-angulares fuertes; grietas; grava media y piedras en 40% del volumen; límite lineal; presencia moteados.

27 - 73, Ap3: Pardo rojizo oscuro (2,5YR 4/4) en húmedo; arcilloso; alta adherencia; estructura granular; grietas; sin piedras; poros finos abundantes; límite lineal difuso.

73 - B2: Pardo rojizo (2,5YR 4/4) en húmedo; arcilloso; estructura granular; límite lineal difuso; piedras en 20% volumen.

3.3.2 Zona productora en Concón y La Ligua, Valparaíso

Los suelos de las zonas productoras de pepino dulce en la región de Valparaíso también son de origen aluvial y se encuentran asociados a cursos de agua de los ríos La Ligua y Aconcagua. Debido a la mayor pluviometría de la zona, los suelos presentan un mayor grado de evolución y desarrollo en sus horizontes edáficos. Los suelos se ubican en posición de terrazas bajas planas (conocidas como terrazas remanentes). Son suelos profundos, arenosos o francos, con texturas medias a gruesas, arenas graníticas y finas como es el caso de la serie La Ligua.

Generalmente el desarrollo radical de las plantas no encuentra limitantes en estos suelos. El pH puede ir entre 6,8 a 8,2 con los valores más altos en profundidad. La mayoría de los suelos presentan buena permeabilidad y buen drenaje. Son suelos en general con buena aptitud agrícola (cap. uso entre I y III).

3.3.2.1 Descripción de perfiles modales representativos de los suelos de la zona de Longotoma y Concón

Los sitios productores de pepino dulce ubicados en la región de Valparaíso fueron caracterizados edáficamente a partir de la información publicada por CIREN (CIREN, 2003). La ubicación geográfica de las parcelas de productores y las capas vectoriales con información edáfica adquirida en CIREN se señalan en la **Figura 3.20**.

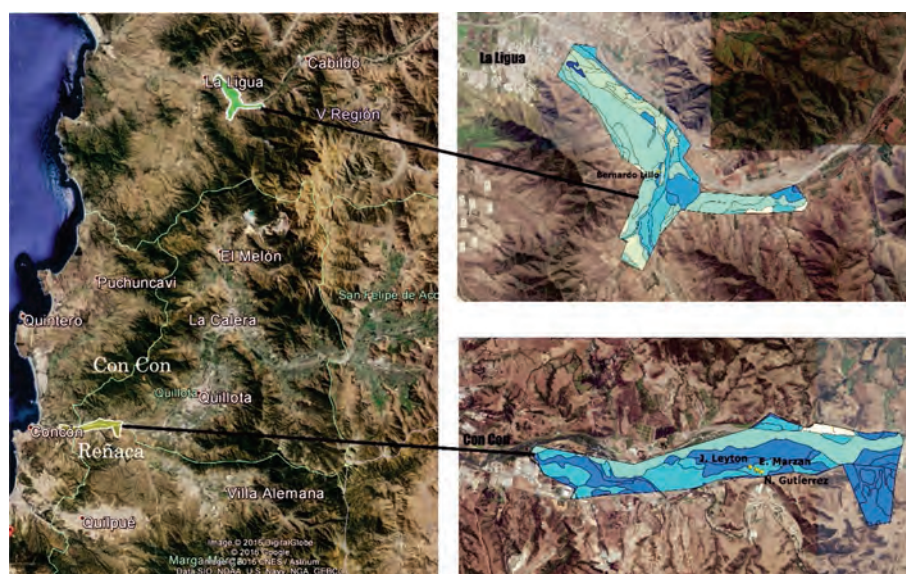


Figura 3.20. Ubicación agricultores pepino dulce en la región de Valparaíso, sectores La Ligua y Concón.

En la zona cercana a Concón, los agricultores J. Leyton, E. Marzan y N. Gutiérrez, asientan sus parcelas sobre la misma serie de suelo (Serie Chagres) por lo cual las características edáficas son muy similares entre ellos (**Figura 3.21**). Solo el agricultor J. Leyton, presenta diferencias en la profundidad de suelo (delgado) lo cual se refleja en menor aptitud frutícola y un drenaje excesivo.

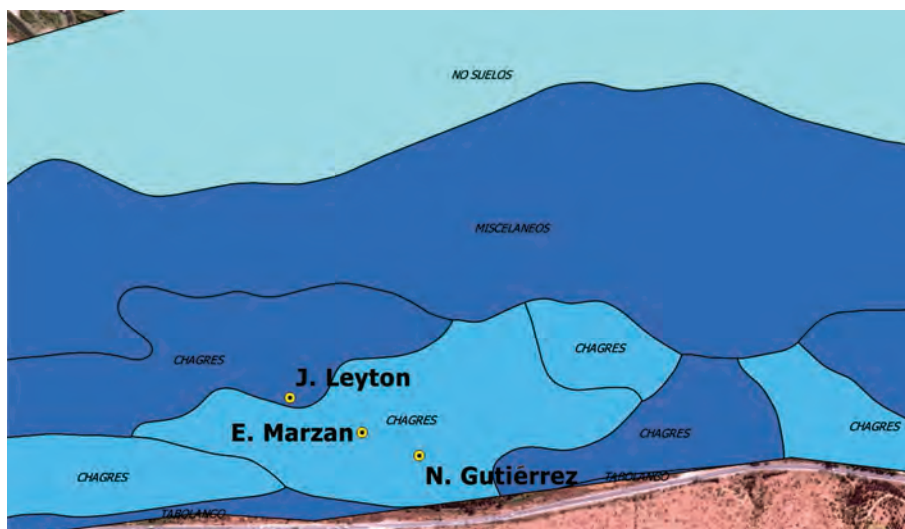


Figura 3.21. Series de suelo en parcelas de agricultores en la zona de Concón (Valparaíso).

Por su parte, la parcela del agricultor B. Lillo, se ubica muy próximo a la ciudad de La Ligua, asentada en un suelo perteneciente a la Serie OCOA con mejores condiciones edáficas respecto a los agricultores de Concón (**Figura 3.22**).

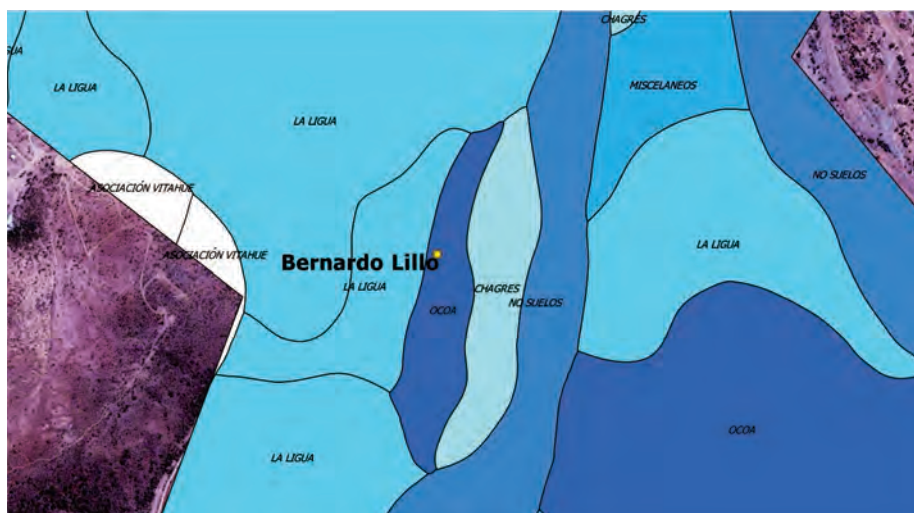


Figura 3.22. Series de suelo en parcelas de agricultor B. Lillo en la zona de La Ligua (Valparaíso).

Las características edáficas de las parcelas de los cuatro agricultores referidos se resumen en el **Cuadro 3.4**.

Cuadro 3.4. Principales características de los suelos de los agricultores productores de pepino de la región de Valparaíso.

Descripción	N. Gutiérrez	E. Marzan	J. Leyton	B. Lillo
Serie (símbolo)	Chagres (Chr)	Chagres (Chr)	Chagres (Chr)	Ocoa (Oca)
Símbolo variación de la serie	Chr-3	Chr-3	Chr-5	Oca-2
Textura	III (media)	III (media)	IV (gruesa)	II (fina)
Pendiente	Plano, 0 a 1%	Plano, 0 a 1%	Plano, 0 a 1 %	Plano, 0 a 1 %
Profundidad	Ligeramente profundo (50 a 75 cm)	Ligeramente profundo (50 a 75 cm)	Delgado (25 a 50 cm)	Profundo (mayor 100 cm)
Erosión	Sin erosión	Sin erosión	Sin erosión	Sin erosión
Pedregosidad	Ligera pedregosidad (entre 5 y 15%)	Ligera pedregosidad (entre 5 y 15%)	Ligera pedregosidad (entre 5 y 15%)	Ligera pedregosidad (entre 5 y 15%)
Drenaje	Moderadamente bueno	Moderadamente bueno	Excesivo	Bueno
Textura	Moderadamente gruesa	Moderadamente gruesa	Moderadamente gruesa	Media
Categorías de riego	Moderadamente apta	Moderadamente apta	Pobrementemente apta	Muy apta
Aptitud agrícola	Moderadas limitaciones para los cultivos de la zona	Moderadas limitaciones para los cultivos de la zona	Severas limitaciones para los cultivos de la zona	Ligeras limitaciones para los cultivos de la zona
Capacidad de uso	Clase IIIe y IIIw	Clase IIIe y IIIw	Clase IVs y IVe	Clase II
Aptitud frutal	Severas limitaciones	Severas limitaciones	Sin aptitud frutal	Ligeras limitaciones

3.4 Comparación de las características edáficas entre las zonas productoras de pepino dulce de Coquimbo y Valparaíso

Los análisis de suelo en laboratorio de los primeros 20 cm del horizonte superficial, se resumen en el **Cuadro 3.5**.

Cuadro 3.5. Análisis químico de suelo en parcelas productoras de pepino dulce en las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

Agricultor	Zona	pH	C.E. dS m ⁻¹	M.O. %	N	P	K	Ca	Mg	Na	K
					Mg kg ⁻¹			Cmol kg ⁻¹			
D. Antiquera	C. Tamaya	7,5	7,1	1,7	107	21	415	15,0	6,8	3,4	1,1
G. Gomila	C. Tamaya	7,3	1,7	1,6	18	5	196	14,2	5,4	0,6	0,5
J. Segovia	C. Tamaya	7,3	5,4	1,6	41	31	290	13,4	4,1	1,8	0,7
J. Bugueño	C. Tamaya	7,4	8,5	1,4	37	28	93	9,0	3,2	1,4	0,2
J. Villegas	C. Tamaya	7,4	5,1	1,6	28	27	271	18,6	8,9	2,5	0,7
L. Arriagada	C. Tamaya	7,2	4,7	1,2	25	67	284	9,8	3,7	1,0	0,7
P. Bugueño	C. Tamaya	7,3	7,4	3,0	135	115	1.500	12,8	5,5	2,8	3,8
E. Marzan	Concón	7,9	1,6	2,3	14	4,0	122	21,8	2,5	0,5	0,3
J. Leyton	Concón	8,0	2,2	1,8	15	12,0	142	24,2	2,6	0,6	0,4
N. Gutiérrez	Concón	7,6	1,6	1,8	15	8,0	111	12,1	2,2	0,4	0,3
B. Lillo	La Ligua	7,5	1,1	2,8	40	31,0	184	19,6	4,8	0,4	0,5
P. Godoy	La Ligua	7,4	2,9	2,6	61	48,0	297	19,0	5,1	0,9	0,8

Se comprobó que existen notables diferencias entre los suelos de ambas regiones (**Cuadro 3.6**). Las principales diferencias están representadas por la concentración de los elementos sodio, potasio, fósforo, nitrógeno, magnesio, todos superiores en los suelos de la región de Coquimbo. Así mismo, los valores de materia orgánica y calcio fueron diferentes pero superiores en la zona de Valparaíso. Los valores de pH fueron similares en ambas condiciones. En la **Figura 3.23** se señalan las diferencias entre los sitios, así como los valores promedio para cada región.

Cuadro 3.6. Valores promedio y principales diferencias en el análisis químico de suelo en parcelas productoras de pepino dulce en las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

Variable	Coquimbo	Valparaíso	Diferencia
Sodio (cmol kg ⁻¹)	1,9	0,6	245,3%
Conducción eléctrica (dS m ⁻¹)	5,7	1,9	203,2%
Potasio (cmol kg ⁻¹)	1,1	0,4	154,9%
Potasio (disponible) (mg kg ⁻¹)	435,6	171,2	154,4%
Fósforo (mg kg ⁻¹)	42,0	20,6	103,9%
Nitrógeno (mg kg ⁻¹)	55,9	29,0	92,6%
Magnesio (cmol kg ⁻¹)	5,4	3,4	55,4%
pH	7,3	7,7	-4,4%
Materia orgánica (%)	1,7	2,3	-23,5%
Ca (cmol kg ⁻¹)	13,2	19,3	-31,6%

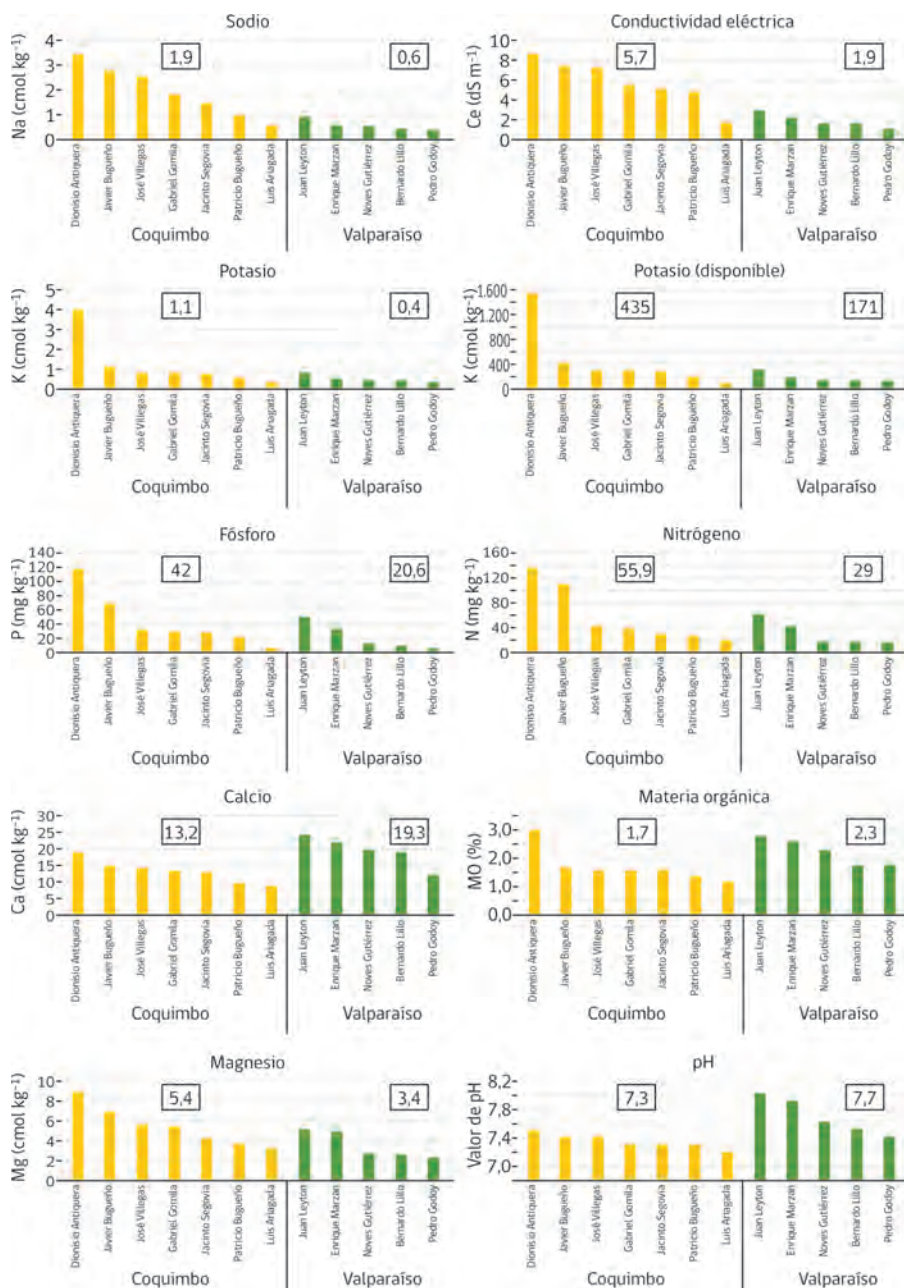


Figura 3.23. Valores de variables químicas en los suelos de las parcelas productoras de pepino dulce en Coquimbo y Valparaíso. Se señalan en el recuadro los valores promedio de la variable para cada región.

3.5 Conclusiones generales

Si bien es cierto los suelos de ambas regiones productoras tienen en común el mismo patrón de formación por posición (terrazas aluviales), las condiciones climáticas del entorno donde se desarrollan difieren notablemente, especialmente en el régimen hídrico y térmico, principales factores ambientales de la formación de los suelos. Esto se ve claramente reflejado en los suelos de la zona norte (Cerrillos de Tamaya) donde se aprecia un menor nivel de evolución, menor desarrollo de horizontes edáficos (suelos delgados) y alta pedregosidad. Así mismo, las condiciones químicas difieren entre las zonas, esto reflejado en una mayor concentración de elementos químicos, especialmente sodio y finalmente, conductividad eléctrica general alta de los suelos. De este modo, se puede concluir que existen claras características diferenciadoras entre las zonas productoras desde el punto de vista edáfico, las cuales puede repercutir en el desarrollo del cultivo y en las características de la producción.

Bibliografía

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- CIREN. 2005. Estudio agrológico IV Región. Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Serie Puxanta, p. 169–172. Publicación CIREN N°129. CIREN, Santiago, Chile.
- CIREN. 2003. Estudio Agrológico V Región. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Santiago. (Pub. CIREN, N° 116). Registro de Propiedad Intelectual: N° 101.789. ISBN: 956-7153-29-9 (O.C).
- Luzio, W., M. Casanova y O. Seguel. 2010. Los suelos de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.

Morcel, J., E. Caviedes, P. Hamelin, D. Remy, R. Mathieu, D. Álvarez. 1996. Ambiente árido y desarrollo sustentable. La provincia del Limarí. Universidad de Chile. ORSTOM. 111 p.

Santibáñez, Q.F. y J.M. Uribe. 2001. Agroclimatología. *In*: SQM. 2001. Agenda del Salitre. Capítulo IV. p. 117-138.

Capítulo 4

Propagación de pepino dulce

Constanza Jana A.

Ing. Agrónoma M.Sc. Dra.
cjana@inia.cl

Víctor Alfaro E.

Ing. Ejecución Agrícola

Ana Sandoval S.

Ing. Forestal M.Sc.

En este capítulo se incluye información técnica obtenida en los años 96/97 por los investigadores Antonio Ibacache, Antonio Lobato, Pablo Álvarez y Andrea Alfonso, en proyectos del Ministerio de Agricultura, no publicadas, pero de propiedad de INIA.

La propagación clonal por esquejes, en general, es la única forma de reproducción. Esto también se recomienda para los cultivares lanzados por España y otros programas de mejoramiento, donde cada cultivar debe ser propagado vegetativamente por esquejes de tallo para mantener las características (Contreras et al. 2016). Aunque la planta es un arbusto perenne, se cultiva anualmente debido a su sensibilidad a las heladas.

4.1 Propagación vegetativa

La forma más utilizada para la propagación del pepino dulce es la vegetativa, dada la gran facilidad que tiene esta especie para producir raíces adventicias. Se utilizan esquejes semileñosos de 10-20 cm de longitud, que deben ser obtenidos de plantas sanas desde el punto de vista fitosanitario, vigorosas y productivas. Estos esquejes pueden plantarse directamente en terreno definitivo, o utilizar previamente un sustrato para enraizarlos. Este último sistema es conveniente cuando se va a plantar en suelos pesados, o para acortar el ciclo del cultivo.

Ensayos realizados en INIA (Sepúlveda 1992), señalan que cuando se hace una plantación directa se obtiene entre un 85 a un 90% de prendimiento y se demora 30 días en la emisión de raíces. Por otro lado, al utilizar plantas enraizadas, el prendimiento aumenta a 90-95%.

4.1.1 Enraizamiento en vivero

Se describe el procedimiento realizado en la región de Coquimbo, para la obtención de estacas enraizadas de pepino dulce. En la zona de Pan de Azúcar, durante el mes de julio existen días con temperaturas inferiores a los 0°C, por tanto, entre junio – julio, antes que comiencen las heladas, se seleccionan las plantas madres, que son las que van a dar origen a las plantas productivas de la próxima temporada **Figura 4.1**. Es importante destacar, que es posible marcar las plantas que presentaron problemas fitosanitarios o baja producción, para no obtener estacas de estas plantas. A partir de una planta es posible obtener entre 15 a 25 nuevas estacas.



Figura 4.1. Selección de plantas madres de pepino dulce, desde plantas productivas, vigorosas y fitosanitariamente sanas antes del período de heladas.

Posteriormente, se debe preparar el sustrato para las estacas que van a dar origen a la nueva plantación (**Figura 4.2**), las que se establecen en contenedores con un sustrato compuesto por dos tercios de suelo del terreno donde van a ser plantadas y un tercio de arena normal (no muy fina ni muy gruesa).



Figura 4.2. Preparación sustrato para enraizar las estacas de pepino dulce.

Preparación de las estacas: las plantas seleccionadas de terreno, son trasladadas a un sombreadero para comenzar su preparación. Esta consiste en el corte de tallos lignificados de un largo de 20 a 25 cm aproximadamente (**Figura 4.3**). Sepúlveda (1992), recomienda además sumergir la base del esqueje en una solución funguicida y posteriormente una solución enraizante. Una vez cortadas las estacas, se plantan en contenedores con el sustrato para iniciar el proceso de enraizado. En esta etapa las plantas deben ser protegidas de las bajas temperaturas del mes de julio (**Figura 4.4**) y conservadas en contenedores protegidos bajo plástico o con manta térmica para evitar daño por bajas temperaturas, idealmente en vivero (**Figura 4.5**).



Figura 4.3. Preparación de estacas de pepino dulce.



Figura 4.4. Plantación de estacas en contenedores con sustrato de suelo + arena.



Figura 4.5. Vivero de estacas de pepino dulce en el proceso de enraizamiento.

Plantación: Pasada las condiciones de riesgo por bajas temperaturas, las plantas ya enraizadas son establecidas en terreno definitivo, desde la segunda quincena de agosto en adelante para la costa de la cuarta región, como se observa en la

Figura 4.6. En Cerrillos de Tamaya, los agricultores plantan las estacas en forma diagonal, porque existe la creencia popular que con este ángulo de plantación salen menos “plantas machos” (nombre que se le da a las plantas poco productivas), sin embargo, las flores de pepino son hermafroditas y las plantaciones verticales no han tenido diferencias con plantación en ángulos, salvo en zonas muy ventosas.



Figura 4.6. Plantación en terreno definitivo. El proceso de enraizamiento dura entre 2 a 3 meses.

4.1.2 Plantación directa

El sistema de plantación directa se recomienda en suelos de buena textura, porosos y sueltos. Para ello se cortan los esquejes de 20 cm con 2 a 3 yemas y se dejan a la sombra durante 2 o 3 días para que se deshidraten, lo que favorece el enraizamiento y luego se entierran 1/3 o 2/3 de su longitud sobre suelo húmedo. En dos semanas es posible hacer el replante, porque ya se detectan aquellos esquejes que no prendieron.

4.2 Propagación por semilla

La reproducción por semillas se utiliza poco, debido a que en general las plantas de pepino dulce son muy heterocigotas y la descendencia que dan es muy variable, tanto en tipos de hojas, formas y colores de los frutos y en sus cualidades

organolépticas. Sin embargo, la calidad desde el punto de vista fitosanitario, es óptima. Es por ello que en el año 1995 se evaluó en la zona de Cerrillos de Tamaya cuatro tratamientos con semillas, con el objeto de mejorar el porcentaje de germinación, de un 6 a 8% que indica la literatura. Se obtuvo semillas de frutos maduros y se las sometió a los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1: Semillas extraídas en forma manual, sembradas directamente en tierra de hoja y arena, proporción 1:1.
- Tratamiento 2: Semillas extraídas en forma manual, remojadas en ácido giberélico por 24 horas (400 ppm) y sembradas en tierra de hoja y arena en proporción 1:1.
- Tratamiento 3: Semillas extraídas en forma manual, lavadas en 24 horas en agua corriente, luego remojadas en ácido giberélico por 24 horas (400 ppm) y sembradas en tierra de hoja y arena en proporción 1:1.
- Tratamiento 4: Semillas extraídas en forma manual, lavadas en 24 horas en agua corriente, luego remojadas en ácido giberélico por 24 horas (400 ppm), pregerminadas en papel absorbente húmedo en cámara plástica con temperatura de 18°C por tres días y sembradas en tierra de hoja y arena en proporción 1:1.

Solo las semillas del tratamiento con pregerminación, germinaron en un porcentaje cercano al 38%. Nuez y Ruiz (1996) señalan que, bajo condiciones controladas es posible obtener hasta un 40% de germinación, ya que el pepino es muy recalcitrante y que incluso su porcentaje de germinación es tan bajo que en ciertos casos requiere condiciones especiales, como el cultivo *in vitro*. Por ello en el banco base de semillas de INIA Intihuasi, se realizó un protocolo de germinación el año 2016, con el que se obtuvo un promedio de 73,75% con una viabilidad final del 90%.

4.2.1 Protocolo de germinación de pepino dulce

Se aconseja extraer las semillas de frutos frescos tomando en cuenta las siguientes recomendaciones: Parta los frutos para extraer las semillas ubicadas al centro. Lávelas en un colador o tamiz para eliminar los restos de pulpa, jugo y mucílago. Extiéndalas sobre papel absorbente en un lugar fresco y protegido

para su secado. Una vez secas, pase por un soplador de semillas para eliminar impurezas restantes y semillas vanas. Examine bajo lupa para detectar cualquier impureza adicional o semillas dañadas y de ser necesario repita su paso por tamiz o soplador, o elimínelas manualmente. La temperatura de germinación se recomienda entre 20 a 25°C, el fotoperiodo recomendado es de 12:12 horas de luz:oscuridad. Puede almacenar temporalmente en bolsas de papel en condiciones frescas y secas hasta su siembra. La germinación se inicia alrededor del día 7. Un ejemplo de los resultados obtenidos con diferentes accesiones (SMU 1, SMU 2, SMU 3 y SMU 5) se observa en la **(Figura 4.7)**. Condiciones controladas de germinación pueden entonces, lograr porcentajes entre 60 y 90% de germinación dependiendo de la accesión, entre los 10 y los 35 días después de sembrados.

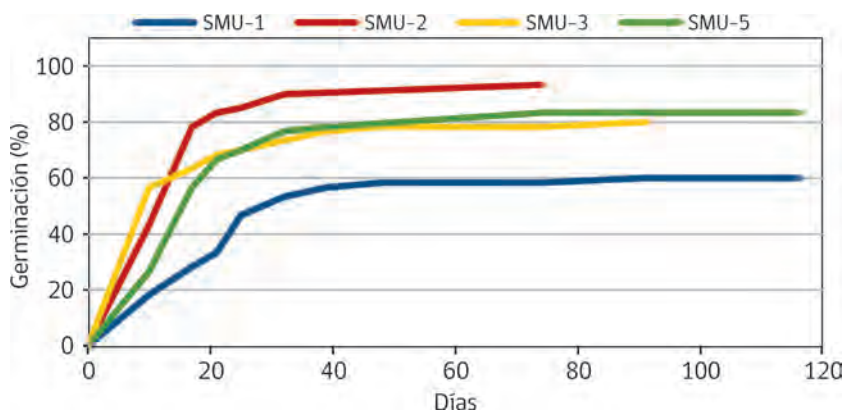


Figura 4.7. Curvas de germinación acumulada de semillas de Pepino dulce sembradas en agar al 1% a 20°C y un fotoperiodo de 12:12 horas. SMU-1-2-3-5 diferentes accesiones de pepino dulce.

4.3 Densidad de plantación

En Chile, el pepino dulce se cultiva sin ningún tipo de poda o entutorado, desarrollándose sobre el suelo en forma rastrera. No hay un solo marco de plantación, pero en la región de Coquimbo se trabaja mayoritariamente a 1,4 m entre hileras y 0,4 m sobre la hilera (**Figura 4.8**), lo que da una población de 17.800 plantas por hectárea. Algunos agricultores prefieren trabajar en plantaciones en cuadrado (0,8 a 1 m), generalmente en suelos más pobres.



Figura 4.8. Marco de plantación de 1,4 x 0,4 m con esquejes enraizados.

En Ecuador, centro de origen de esta especie, el pepino dulce no tiene riesgo de heladas y las plantas se trabajan en forma entutorada con hilos verticales, con 2 a 4 brazos por planta. Esto impide el contacto de los frutos con el suelo, favoreciendo la calidad de los mismos y mejorando la coloración. La densidad en estos casos es de 0,4 x 0,8 (**Figura 4.9**).



Figura 4.9. Plantación entutorada de pepino dulce en Ecuador, Cantón Pelileo, - Tungurahua.

Bibliografía

Contreras, C., M. González-Agüero and B. Defilippi. 2016. A Review of Pepino (*Solanum muricatum* Aiton) Fruit: A Quality Perspective. HortScience 51(9):1127-1133.

Nuez, F. y J. Ruiz. 1996. El pepino dulce y su cultivo FAO, Roma, 142 p.

Sepúlveda, G. 1992. El pepino dulce en la cuarta región. Serie INIA Intihuasi N°1, p. 23-27.

Capítulo 5

Caracterización morfológica, productiva y nutracéutica de pepinos dulces

Constanza Jana A.

Ing. Agrónoma M.Sc. Dra.
cjana@inia.cl

Verónica Arancibia A.

Ing. en Alimentos

Cornelio Contreras S.

Ing. Agrónomo

Víctor Alfaro E.

Ing. Ejecución Agrícola

5.1 Introducción

En Chile, no existen cultivares registrados, pero la literatura nacional hace referencia a que se distinguen tipos característicos por las particularidades del fruto, de acuerdo a la región de donde proceden. CORFO (1988) indicaba que el pepino dulce que se cultiva en la zona central de Chile y en Ovalle se caracteriza por plantas que alcanzan los 40 a 80 cm de altura, con numerosas ramillas que se ramifican en un tallo corto, una planta con un sistema radical superficial pero numeroso. Hojas alargadas, aserradas y de color verde oscuro. El periodo de floración de este tipo de pepino se describe como muy extendido de 2 a 3 semanas, con frutos ovalados aguzados en el extremo apical, de color verde antes de madurar para variar a cremoso con vetas de color morado. Los mismos autores, señalaban que en las ciudades de La Serena y Coquimbo se cultivaba un tipo diferente al resto del país. El pepino de La Serena es ovoide con el extremo redondeado, de color verde claro en un principio, pero luego se torna amarillo con manchas púrpuras.

Gambardella *et al.* 1996, coincidentemente describen al tipo **Conconino** que originaría frutos alargados con extremo apical aguzado, que en madurez es de color amarillo cremoso con vetas de color morado, y el tipo **La Serena** de forma acorazo-

nada con extremos redondeados que en madurez es anaranjado con vetas púrpuras. Los mismos autores realizaron una caracterización molecular de los materiales nacionales a través de isoenzimas, indicando una escasa variabilidad genética. Una descripción diferente la hacen Prohens *et al.* (2005), quienes describieron que para la zona norte de Chile (Coquimbo, La Serena), el pepino dulce es de forma ovalada o acorazonada, con los extremos redondeados, con escaso veteado y en la zona central (Quillota, Valparaíso), es un tipo alargado, con el extremo apical puntiagudo, de color cremoso con bastantes vetas moradas. Los autores indican que este tipo presenta un ciclo de cultivo más corto adaptándose mejor a condiciones templadas, y debido a su forma alargada, presenta más problemas. Por último, Muñoz *et al.* (2014), caracterizaron en variables productivas, la fruta de 60 segregantes desde 14 ecotipos y encontraron alta variabilidad genética, si los materiales eran propagados por semilla. Para determinar si luego del gran avance urbano y extensos períodos de sequía, para el año 2015 aún se encontraba diversidad de tipos y variabilidad genética, se realizó un estudio de caracterización de los ecotipos de la región de Valparaíso, que mayoritariamente se producen en Concón, La Ligua, y de Coquimbo, producidos en la zona de Cerrillos de Tamaya, subdividido a su vez en 5 comunas (**Figura 5.1**), según se indica en Capítulo 3 de este mismo boletín, por las características de suelo y nutrición.



Figura 5.1. Comunidades vecinales de la localidad de Cerrillos de Tamaya donde se cultiva pepino dulce. Punto amarillo representa a parcela de agricultores, donde se caracterizaron plantas.

5.2 Caracterización morfológica

5.2.1 Metodología

Para la caracterización morfológica de pepino dulce se utilizó una serie de variables morfológicas definidas por IPGRI y COMAV (2004) y una serie de variables productivas y fenológicas. Se caracterizaron 162 plantas seleccionadas y colectadas en huertos de agricultores en la región de Coquimbo y Valparaíso, en una primera temporada en parcela de agricultores y en una segunda, en la Parcela Experimental Pan de Azúcar, de INIA Intihuasi, donde se estableció un cuartel madre con los ecotipos para su evaluación en un mismo ambiente.

Las variables evaluadas para la porción vegetativa fueron: hábito de crecimiento (planta postrada, intermedia, erguida); altura de planta (cm), diámetro del tallo a 10 cm del suelo (mm), superficie planta (m²), altura de la primera inflorescencia (cm), grado de pubescencia en el tallo (glabro, intermedio, denso), color del tallo (verde, verde con spots morados, verde morado, morado), largo peciolo (mm). Para el fruto, se evaluó: número de flores por racimo, número de frutos cuajados racimo⁻¹, número frutos totales, estado madurez (madurez fisiológica y madurez comercial), largo fruto (cm), ancho fruto (cm), forma del fruto (ovalado, redondo, curvado o cónico), forma sección interna del fruto (circular, elíptico, ovalado, triangular, irregular), color del fruto (amarillo, amarillo blanco, blanco, blanco amarillo, blanco verde, verde, verde amarillo, verde blanco, amarillo verde), porcentaje del fruto con líneas moradas (%), presencia de punta en el fruto (ausencia, presencia), contenido de sólidos solubles (°brix), peso de fruto (g) y número de frutos por calibre (calibre 1º > 150 g, calibre 2= 150 -90 g, calibre 3 < 90 g) para estimar productividad. Algunos de estos caracteres, están representados en la **Figura 5.2**.



Figura 5.2. Representación de algunos caracteres morfológicos. (Fuente: IPGRI y COMAV. 2004).

5.2.2 Resultados entre las dos regiones

Se encontró variabilidad morfológica en los caracteres de plantas de pepino desde las tres áreas geográficas de Cerrillos de Tamaya por la región de Coquimbo y Concón y La Ligua por la región de Valparaíso. Las plantas caracterizadas presentaron un hábito de crecimiento intermedio, con alturas medias entre 50 a 60 cm, siendo las plantas de Concón las más pequeñas que registran valores medios de altura de la primera inflorescencia entre 25 a 34 cm. Plantas de Cerrillos de Tamaya son las que presentan mayor valor para este carácter. Las plantas de la región de Valparaíso tienen un tallo verde con spots morados y presentan un mayor grado de pubescencia. Las demás variables son similares entre las plantas de las distintas localidades (**Cuadro 5.1**).

Cuadro 5.1. Caracteres morfológicos de plantas de pepino dulce colectadas en tres zonas productoras.

Variable	Cerrillos de Tamaya	Localidades Concón	La Ligua
Hábito de crecimiento	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Altura planta (cm)	57,51	50,26	60,90
Altura de la 1° inflorescencia (cm)	33,65	25,39	26,50
Color del tallo	Verde	Verde con spots morados	Verde con spots morados
Diámetro del tallo a 10 cm del suelo (mm)	8,62	6,96	7,70
Superficie planta (m²)	1,24	0,86	1,25
Grado de pubescencia en el tallo	Glabro	Intermedio	Intermedio
Número Flores Inflorescencia	9,09	7,25	10,44
Largo peciolo (mm)	15,72	12,26	10,10
Número de frutos cuajados por inflorescencia	1,56	2,06	1,47
Número frutos totales	35,88	36,78	32,30

En las características del fruto, los frutos de Cerrillos de Tamaya tienen mayor peso (g), son de mayor longitud, forma ovalada, color amarillo blanco y con un mayor contenido de azúcar que la fruta de los otros dos sectores. Un carácter que diferencia a la fruta de la zona de Concón y La Ligua, es su mayor porcentaje de líneas moradas en el fruto. La forma de la sección interna y la presencia de punta es similar para las tres localidades (**Figura 5.3**). En relación a calibres, los frutos de

Cerrillos de Tamaya presentaron un número mayor de frutos en calibre 1, de frutos más grandes (Jana *et al.* 2017). En el **Cuadro 5.2**, se muestran 4 variables que resultaron estadísticamente significativas entre ambas regiones, en relación al fruto.

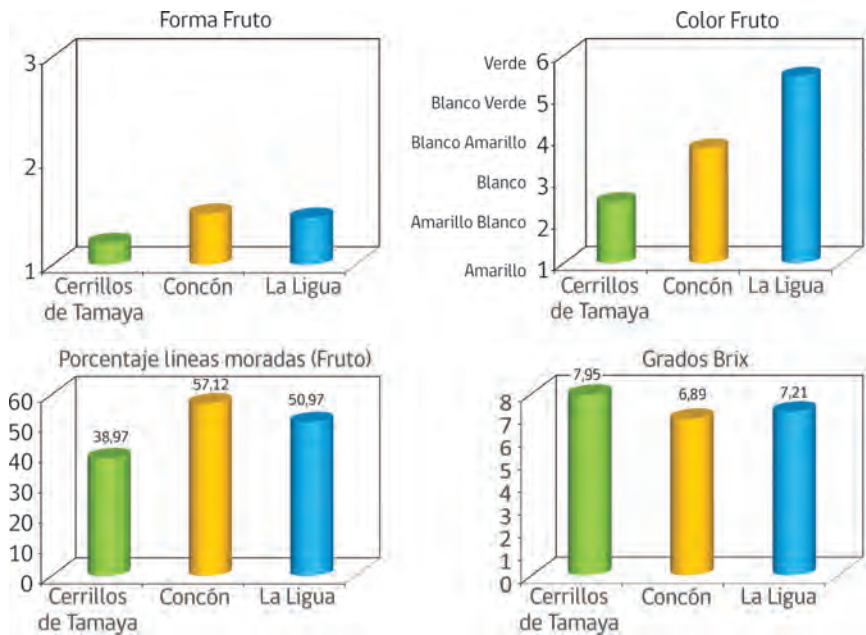


Figura 5.3 Forma, color, porcentaje de líneas moradas y sólidos solubles de frutos de pepinos dulces de 3 localidades, dos en Valparaíso y una en Coquimbo.

Cuadro 5.2. Comparación de algunas variables estadísticamente significativas entre los frutos de pepino dulce de las regiones de Coquimbo y Valparaíso, evaluados en cada región de producción.

	Sólidos solubles (°brix)	Largo fruto (cm)	Peso del fruto (g)	Porcentaje de líneas moradas
Coquimbo	7,67 ± 0,91 a	9,59 ± 0,66 a	215,09 ± 39,5 a	36,72 ± 16,13 b
Valparaíso	6,53 ± 0,9 b	8,71 ± 0,35 b	171,42 ± 22,95 b	54,33 ± 6,4 a
Pr>f	0,032	0,0138	0,037	0,0343
CV (%)	12,39	6,33	17,72	25,23

En trabajos anteriores en esta especie, se sugiere la aplicación de aguas salinas para aumentar el porcentaje de sólidos solubles (Pluda *et al.* 1993) ya que la salinidad incrementa la calidad organoléptica de los frutos debido al aumento

de los sólidos solubles (Ruiz *et al.* 1997). En los suelos de Coquimbo el contenido de sodio y magnesio fue en promedio de $1,73 \pm 0,9$ de Na (cmol kg^{-1}) y de $5,92 \pm 2,31$ de Mg (cmol kg^{-1}), respectivamente, mientras que, en Valparaíso, el sodio promedio fue de $0,56 \pm 0,21$ cmol kg^{-1} y el de magnesio fue de $3,45 \pm 1,39$ cmol kg^{-1} , lo que ayuda a explicar estas diferencias.

Con todos los datos se realizó un análisis de componente principal (PCA), del cual se extrajeron 2 componentes, que, en conjunto, explican 46% de la variabilidad en los datos originales. Los caracteres que más contribuyen al 1° CP que aporta un 26% son el largo del fruto, la altura de la primera inflorescencia, el peso, ancho y calibre del fruto, fueron los que más contribuyeron positivamente a la formación de este componente y a su vez, los más correlacionados. Contribuyen en forma negativa a este componente los caracteres porcentaje, líneas moradas y color del tallo. Por lo tanto, el primer componente permitió distinguir a aquellas plantas que se destacan por caracteres ligados al fruto. El segundo componente contribuye en un 20% y los caracteres ligados a frutos cuajados, ancho, peso de la fruta y calibre son los que más contribuyen positivamente a este componente. En cambio, la altura de la planta contribuye en forma negativa. En la **Figura 5.4** se observa el Biplot con todas las variables y las localidades evaluadas.

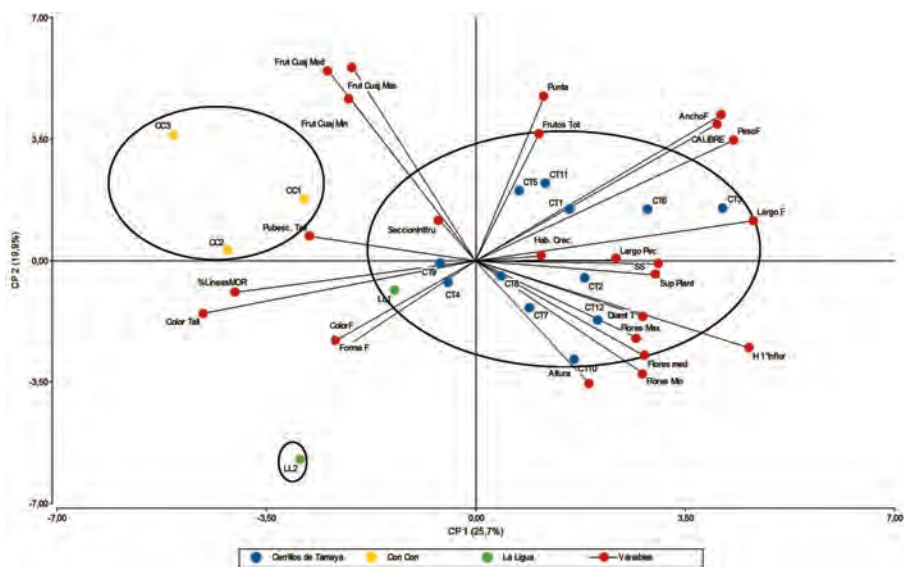


Figura 5.4. Biplot de variables utilizadas en la caracterización y ecotipos de pepino dulce de regiones de Valparaíso y Coquimbo.

5.2.3 Resultados entre las comunidades vecinales de Cerrillos de Tamaya

Con los cinco sectores de Cerrillos de Tamaya, en base a los mismos caracteres, se realizó un análisis de conglomerados que se observa en la **Figura 5.5**. En él se aprecia que hay diferencias morfológicas dentro de los ecotipos de las comunidades vecinales de Cerrillos de Tamaya.

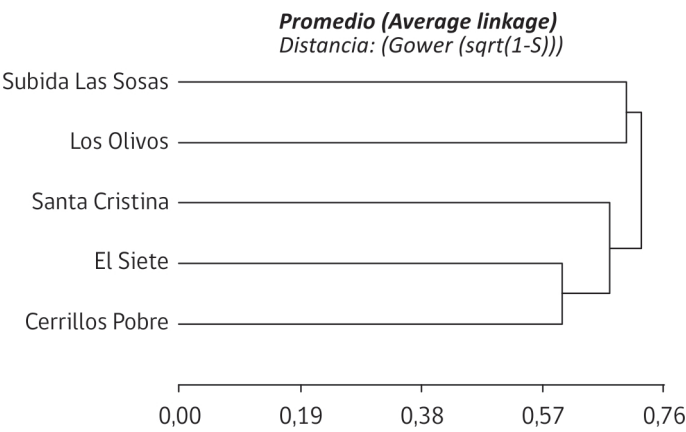


Figura 5.5. Análisis de Conglomerado entre los ecotipos de los cinco sectores de la localidad de Cerrillos de Tamaya.

5.2.4 Resultados con todos los ecotipos en una sola localidad (Pan de Azúcar)

A partir del biplot (**Figura 5.4**) se seleccionó a las variables que tuvieron mayor peso y en base a ellas, se evaluaron 155 accesiones de Coquimbo y Valparaíso, bajo una misma condición de cultivo. Se realizó análisis de varianza y prueba de temperatura con los valores promedio por región y se encontró diferencias significativas entre ambas regiones, solo en las variables sólidos solubles y en la superficie ocupada por la planta. Los ecotipos provenientes de Coquimbo, presentan frutos de mayor porcentaje de sólidos solubles y con plantas más grandes que ocupan una mayor superficie (**Cuadro 5.3**).

Cuadro 5.3. Comparación valores promedio variables morfológicas de pepino dulce entre Coquimbo y Valparaíso.

Origen de las plantas	Variables de evaluación					
	Nº frutos totales	Nº frutos comerciales	Peso frutos (g)	Calibre	Largo fruto (cm)	Ancho fruto (cm)
Coquimbo:						
Media	13,9	12,5	127,3	2	75,8	55,3
CV	32,3	31,9	11,2	10	6,9	6,9
Valparaíso:						
Media	14,8	12,6	128,6	2	78,5	56,3
CV	40,1	40,4	12,6	11,3	8,2	5,9
Origen de las plantas	% morado	Sólidos solubles (°brix)*	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Superficie por planta (cm²)*	Altura 1ª inflorescencia (cm)
Coquimbo						
Media	21,5	8,3	57,5	9,2	102,6	20,1
CV	45,5	8,4	11,5	11,4	14,1	7,4
Valparaíso						
Media	20,4	7,7	56,3	9,1	89,5	22
CV	51,9	6,8	11,2	8,8	16,7	12,4

*t < 0,05

5.3 Caracterización productiva

Se realizó una caracterización productiva, no comparativa, en número de frutos por planta, peso de frutos (g), calibre promedio (1º, 2º o 3º), largo y ancho de frutos (cm). Los resultados se observan en el **Cuadro 5.4**. Una planta de pepino produce en promedio 14 frutos de calibre comercial, pero hay plantas muy productivas, que pueden llegar a dar 30 frutos por planta, durante la temporada. Un fruto promedio pesa 127 g, con un ancho de 55,5 cm y un largo de 76,4 cm.

Cuadro 5.4. Caracterización productiva de pepino dulce, promedio de 155 accesiones en Pan de Azúcar, temporada 2016.

Variables	Promedio	Mínimo	Máximo
Nº frutos por planta	14,1	4	30
Peso de frutos (g)	127,6	101	176
Calibre	2º	2º	3º
Largo fruto (mm)	76,4	63,9	95,5
Ancho fruto (mm)	55,5	44,9	66,4

5.4 Caracterización nutracéutica

La nutracéutica es un término relativamente reciente que se usa para definir aquellos productos o compuestos naturales que presentan una acción terapéutica al ser ingeridos. La palabra en sí, deriva de la fusión de las palabras nutrición y terapéutica. Esta acción terapéutica no hay que entenderla como que los alimentos curen per se, sino que son alimentos que ayudan en el tratamiento de determinadas enfermedades o previenen el desarrollo de las mismas. Dentro de las frutas y hortalizas existen muchos grupos de compuestos con interés nutraceutico (Cámara, 2006; Shashirekha *et al.* 2015), como, por ejemplo:

- Vitaminas y sus precursores como el ácido ascórbico.
- Minerales incluyendo micro elementos como el cobre, el hierro y el zinc.
- Fibra alimentaria.
- Polifenoles.
- Carotenoides.
- Glucosinolatos.
- Folatos.
- Fitoesteroles y otros.

En el caso del pepino dulce se han descrito numerosas propiedades beneficiosas para la salud. Destaca por su elevado contenido en potasio ($>1\text{g kg}^{-1}$) y vitamina C ($>200\text{ mg kg}^{-1}$) (Rodríguez-Burruezo *et al.* 2011; Redgwell y Turner, 1986; Pluda *et al.* 1993), así como un elevado contenido en polifenoles y flavonoides (Sudha *et al.* 2011). Se ha descrito que tiene propiedades hipotensivas (Redgwell y Turner, 1986), diuréticas (Sánchez-Vega, 1992), y gracias a su elevado contenido en polifenoles antioxidantes, su consumo puede prevenir la diabetes (Hsu *et al.* 2011; Orhan *et al.* 2014) y por último, también presenta actividad antitumoral (Ren y Tang, 1999) y son varios los trabajos que describen un elevado contenido en compuestos bioactivos (Prohens y Nuez, 2001; Prohens *et al.* 2005).

5.4.1 Caracterización nutracéutica. Metodología

Se realizó una evaluación del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de muestras de pepino dulce colectadas en parcela de agricultor, las que fueron separadas en pulpa y cáscara. Se evaluó capacidad antioxidante a través de un espectrofotómetro de UV visible, utilizando el método de decoloración del catión radical $\alpha\text{-}\alpha\text{-difenil-}\beta\text{-picrilhidrazilo}$ (DPPH). Por último, se realizó una caracterización de azúcares y ácidos orgánicos porque el sabor es

una mezcla de azúcares, ácidos y compuestos volátiles. Entre los metabolitos del sabor, los más utilizados para medición son azúcares y ácidos orgánicos. Los azúcares que más contribuyen al sabor son fructuosa, glucosa y sacarosa. En el caso de los ácidos orgánicos, los que más contribuyen al sabor son málico, cítrico, quínico y tartárico. Esto se realizó en los mismos tejidos que se realizó la caracterización nutracéutica, pero se agregó 2 estados de cosecha pintón (E1) o madurez de cosecha y maduro (E2) en madurez de consumo.

5.4.2 Resultados de Capacidad antioxidante

La Capacidad Antioxidante de un alimento, permite cuantificar la capacidad que tendrían todos los compuestos antioxidante presentes en éste (vitaminas, carotenos, polifenoles y otros) para actuar simultáneamente como una mezcla de compuestos antioxidantes. La comparación entre regiones en capacidad antioxidante, indica que, en la cáscara, esta variable es significativamente mayor en la región de Valparaíso, no encontrándose diferencias en la pulpa entre ambas regiones (**Cuadro 5.5**).

Al analizar los resultados para cuatro sectores comunales de la región de Coquimbo, se observaron diferencias entre sectores por tejido, es así que, en el caso de cáscara, Subida Las Sosas presentó el menor valor, sin embargo, en pulpa, Cerrillos Pobre, presentó el valor mayor, lo que demuestra la independencia de estos tejidos (**Cuadro 5.6**).

Cuadro 5.5. Capacidad Antioxidante de frutos de pepino dulce, entre las regiones de Valparaíso y Coquimbo, separadas por pulpa y cáscara.

Región	Capacidad antioxidante	
	Cáscara	Pulpa
Valparaíso	26,19 a	11,61 a
Coquimbo	21,17 b	11,95 a
Pr>F	0,0011	0,8176

Cuadro 5.6. Capacidad antioxidante de frutos de pepino dulce, entre sectores en la región de Coquimbo, separadas por pulpa y cáscara.

Sectores región de Coquimbo	Capacidad antioxidante	
	Cáscara	Pulpa
Cerrillo Pobre	20,39 a	16,87 a
El siete	22,88 a	11,6 b
Subida Las Sosas	18,07 b	10,56 b
Los Olivos	21,22 a	8,13 b
Pr>F	0,0416	0,0001

5.4.3 Resultados en contenido de polifenoles

Los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas y en los últimos años han ganado mucha atención, debido a su actividad antioxidante y la capacidad de eliminación de radicales libres con el beneficio potencial en la salud humana (Sudha, 2011). Entre las dos regiones en estudio, el contenido de polifenoles en cáscara es mayor en la región de Valparaíso, pero no hay diferencia entre regiones, en el contenido de polifenoles en pulpa (**Cuadro 5.7**). Del análisis entre 4 comunas de la región de Coquimbo, se observan diferencias entre las localidades (**Cuadro 5.8**). Estos resultados concuerdan con el análisis morfológico de las plantas entre ambas regiones, donde se indicó que las plantas de Valparaíso eran más pequeñas y con menos follaje que las plantas de Coquimbo. Cualquier trastorno del proceso fotosintético como un exceso de follaje que implique un excesivo sombreamiento de las hojas interiores, significan un trastorno en el desarrollo del fruto, en su maduración y síntesis de compuestos fenólicos.

El contenido de polifenoles promedio encontrado entre sectores de la región de Coquimbo en pulpa (59,5 mg 100 g⁻¹) es coincidente con los datos bibliográficos (61,5 mg 100 g⁻¹), (Gue rrero *et al.* 2010). Sin embargo, al comparar este valor con los obtenidos en cáscara, supera en más del doble del promedio (143,40 mg 100 g⁻¹), valor que no cuenta con una comparación con datos bibliográficos.

La diferencia entre cáscara y pulpa se debe a que a medida que avanza el estado de madurez, los compuestos fenólicos se van desplazando desde la pulpa hacia la cáscara, es por eso que los resultados obtenidos permiten aseverar la importancia de consumir el fruto con cáscara, práctica que no se realiza en este fruto.

Cuadro 5.7. Contenido de polifenoles en cáscara y pulpa de pepino dulce, entre dos regiones de producción.

Región	Polifenoles	
	Cáscara	Pulpa
Valparaíso	170,1 a	60,05 a
Coquimbo	130,59 b	57,76 a
Pr>F	0,003	0,5684

Cuadro 5.8. Contenido de polifenoles de pepino dulce entre 4 comunas de la región de Coquimbo, separadas en pulpa y cáscara.

Sectores región de Coquimbo	Polifenoles	
	Cáscara	Pulpa
Cerrillo Pobre	211,99 a	58,44 b
Subida Las Sosas	142,71 b	66,33 a
El Siete	119,94 c	58,53 b
Los Olivos	115,98 c	49,65 c
Pr>F	<0,0001	0,0004

Muchos estudios han mostrado una cercana relación entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante, sin embargo, a pesar de esta estrecha relación, no se puede considerar que la capacidad antioxidante se debe solo a la presencia de polifenoles puesto que en su composición química pueden existir otros metabolitos secundarios que debido a su estructura contribuyan a su eficacia antioxidante.

5.4.4 Resultados en ácidos orgánicos y azúcares

En muchas especies la contribución de la sacarosa es relativamente baja (1% en vides), sin embargo, en pepino dulce en estado de madurez de fruto, la sacarosa corresponde aproximadamente a la mitad de los azúcares solubles. Lo anterior, se observó en este estudio especialmente en la cáscara en ambos estados de cosecha (**Cuadros 5.9 y 5.10**).

Cuadro 5.9. Ácidos orgánicos y azúcares en frutos de pepino dulce de dos regiones productoras en estado de cosecha pintón (mg g⁻¹ de peso fresco).

Estado cosecha 1								
Tejido	Región	Cítrico	Málico	Tartárico	Quínico	Fructosa	Glucosa	Sacarosa
Cáscara	Coquimbo	0,11	1,53	0,29	0,03	9,87	7,25	2,40
	Valparaíso	0,13	1,68	0,17	0,09	13,08	10,49	14,17
Tejido	Región	Cítrico	Málico	Tartárico	Quínico	Fructosa	Glucosa	Sacarosa
Pulpa	Coquimbo	0,09	1,26	0,25	0,02	16,95	14,24	12,92
	Valparaíso	0,07	2,09	0,17	0,00	20,11	18,67	12,41

*Diferencias significativas (p< 0,05)

Cuadro 5.10. Ácidos orgánicos y azúcares en frutos de pepino dulce de dos regiones productoras en estado de cosecha maduro (mg g⁻¹ de peso fresco).

Estado cosecha 2								
Tejido	Región	Cítrico	Málico	Tartárico	Quínico	Fructosa	Glucosa	Sacarosa
Cáscara	Coquimbo	0,09	1,89	0,26	0,00	8,76	7,09	3,78
	Valparaíso	0,28	2,15	0,17	0,15	10,94	8,37	7,24
Tejido	Región	Cítrico	Málico	Tartárico	Quínico	Fructosa	Glucosa	Sacarosa
Pulpa	Coquimbo	0,12	1,8	0,30	0,10	14,91	12,52	20,84
	Valparaíso	0,05	1,90	0,18	0,00	11,42	9,51	10,85

*Diferencias significativas (p< 0,05)

En el estado de cosecha pintón (Estado 1), solo hubo diferencias significativas en el contenido de sacarosa en cáscara ($p = 0,0021$), con un mayor contenido en Valparaíso que en Coquimbo (**Cuadro 5.9**). En el estado de cosecha maduro (Estado 2) se observa un mayor contenido de ácido cítrico y quínico en la cáscara en Valparaíso que en Coquimbo. En pulpa, en el mismo estado, se observaron diferencias significativas en fructuosa y sacarosa, siendo en este caso mayor el contenido en Coquimbo que en Valparaíso (**Cuadro 5.10**).

Redgweel y Turner (1986) y Levy *et al.* (2006), determinaron que los ácidos orgánicos no volátiles en pepino correspondían a cítrico, málico y quínico, siendo el cítrico el más relevante con un porcentaje mayor al 91%. En este estudio el más relevante es el málico, lo que seguramente se debe a que en Chile no se trabaja con variedades mejoradas sino con ecotipos sin domesticación. Se observan diferencias en el contenido de ácido tartárico en pulpa y cáscara, en Coquimbo, en relación a los valores reportados por la literatura. En estudios anteriores se indica que las concentraciones de ácido tartárico en frutos maduros de pepino dulce equivalen a $0,1232 \pm 0,0042 \text{ mg L}^{-1}$ (Ozcan and Arlan, 2011). En este estudio las concentraciones de ácido tartárico encontrado fueron mayores, con valores en la Región de Coquimbo del doble de lo reportado. El ácido tartárico es uno de los ácidos orgánicos más importantes en otras especies, como uvas y palto.

Conclusiones

El análisis de variables morfológicas en diferentes sitios muestra una alta variabilidad en los caracteres evaluados, sin embargo, cuando esas mismas plantas son llevadas a un mismo ambiente solo se observa variabilidad en el tamaño de la planta y en el porcentaje de sólidos solubles, indicando que el pepino dulce es una especie de alta plasticidad fenotípica. Plasticidad fenotípica es la propiedad de un genotipo de producir diferentes fenotipos en respuesta a diferentes condiciones ambientales.

Se recomienda el consumo de esta fruta con cáscara, ya que presenta un alto contenido de polifenoles y de capacidad antioxidante en este tejido.

Los ecotipos evaluados, de ambas regiones, presentan diferencias en el contenido y distribución de ácidos orgánicos que las variedades comerciales desarrolladas por Israel o Nueva Zelanda.

Bibliografía

- Cámara, M. 2006. Calidad nutricional y salud. Mejora genética de la calidad. Ed. Universitat Politècnica de València, Valencia, España, 43–65.
- CORFO, 1988. Pepino dulce. Antecedentes agronómicos y económicos. Gerencia de desarrollo, 59 p.
- Gambardella, M., C. Botti, L. Faúndez y A. Nario. 1996. Caracterización de ecotipos de pepino dulce cultivados en Chile. Agricultura Técnica 56(3):193–200.
- Guerrero, J., L. Ciampi, A. Castilla, F. Medel, H. Schalchli, E. Hormazabal, E. Bensch y M. Alberdi. 2010. Capacidad antioxidante, antocianinas y fenoles totales de berries silvestres y cultivados en Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 70(4):537–544.
- Hsu, C, Y GUO, Z Wang, M Yin. 2011. Protective effects of an aqueous extract from pepino (*Solanum muricatum* Ait.) in diabetic mice. J. Sci. Food Agric. 91:1517–1522.
- IPGRI and COMAV. 2004. Descriptors for Pepino (*Solanum muricatum*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy and Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Valencia, Spain.
- Jana, C., C. Contreras, V. Alfaro. 2017. Caracterización de ecotipos de pepino dulce producidos en Chile. Ficha Técnica INIA N°33.
- Levy, D., N. Kedar and N. Levy. 2006. Pepino (*Solanum muricatum* Aiton): breeding in Israel for better taste and aroma. Israel Journal of Plant Sciences 53(3):205–213.
- Muñoz, C., R. Pertuzé, M. Balzarini, C. Bruno, A. Salvatierra. 2014. Genetic variability in Chilean pepino (*Solanum muricatum* Aiton) fruit. Chilean Journal of Agricultural Research 74(2):143–147.
- Orhan, N., D.D. Orhan, M. Aslan and F. Ergun. 2014. Effect of Exotic Fruit “Pepino” (*Solanum muricatum* Aiton.) on Blood Glucose Level. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences, 196–202.
- Ozcan, M. and D. Arslan. 2011. Bioactive and some nutritional characteristic of Pepino (*Solanum muricatum* Aiton) fruit. Journal of agricultural Science and Technology 1:133–137.

- Pluda, D., H.D. Rabinowitch and U. Kafkafi. 1993. Pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) quality parameters as affected by nitrogen nutrition and salinity. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 103:86-91.
- Prohens, J., M. Sánchez, A. Rodríguez-Burruezo, M. Cámara, E. Torija, F. Nuez. 2005. Morphological and physico-chemical characteristics of fruits of pepino (*Solanum muricatum*), wild relatives (*S. caripense* and *S. tabanoense*) and interspecific hybrids. Implications in pepino breeding. European Journal of Horticultural Science 70(5):224-230.
- Prohens, J. and F. Nuez. 2001. The use of wild species in the improvement of pepino (*Solanum muricatum*). Solanaceae V: advances in taxonomy and utilization, pp. 297-306.
- Redgwell, R.J. and N.A. Turner. 1986. Pepino (*Solanum muricatum*): Chemical composition of ripe fruit. J. Sci. Food Agric. 37:1217- 1222.
- Ren, W. and D.G. Tang. 1999. Extract of *Solanum muricatum* (Pepino/CSG) inhibits tumor growth by inducing apoptosis. Anticancer Res. 19:403-408.
- Rodríguez-Burruezo, A., J. Prohens and A.M. Fita. 2011. Breeding strategies for improving the performance and fruit quality of the pepino (*Solanum muricatum*): A model for the enhancement of underutilized exotic fruits. Food Research International 44(7):1927-1935.
- Ruiz, J., J. Prohens and F. Nuez. 1997. "Sweet Round" and "Sweet Long": two pepino cultivars for Mediterranean climates. HortScience 32:751-752.
- Sánchez-Vega, I., 1992. Frutales andinos: Pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.). En. E. Hernández-Bermejo y J. León, eds. Cultivos marginados: Otra perspectiva de 1492. FAO, Roma. Páginas 179-183.
- Shashirekha, M.N., S. Mallikarjuna and S. Rajarathnam. 2015. Status of bioactive compounds in foods, with focus on fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science Nutrition 55(10):1324-1339.
- Sudha, G., P.M Sangeetha, I.S Rajan and S. Vadivukkarasi. 2011. Antioxidant activity of ripe pepino fruit (*Solanum muricatum* Aiton). International Journal of Pharmaceutical Sciences 3(3):257-261.

Capítulo 6

Fertilización de pepinos dulces

Cornelio Contreras S.

Ing. Agrónomo

cornelio.contreras@inia.cl

Carlos Sierra B.

Ing. Agrónomo, M.Sc.

Constanza Jana A.

Ing. Agrónoma M.Sc. Dra.

Víctor Alfaro E.

Ing. Ejecución Agrícola

La fertilización del pepino dulce, así como la de cualquier cultivo o frutal debe considerar los aspectos generales de la tecnología de uso de los fertilizantes, es decir, tener claro el tipo de nutrientes a aplicar, la dosis, la forma de aplicación, la fuente y la época de aplicación de los fertilizantes y además tener claro el grado de deterioro biológico y físico del suelo.

6.1 Caracterización química de suelos con pepino dulce en la región de Coquimbo

En el año 2016, a través del proyecto INIA- FIA “Puesta en valor del pepino dulce producido en el Valle del Limarí”, se caracterizó el suelo donde se cultiva el pepino dulce en la provincia de Limarí, para ello se tomaron muestras de suelo a 10% de los productores y se realizó análisis químico de este, para entregar recomendaciones de fertilización. Los resultados se observan en el **Cuadro 6.1**.

Cuadro 6.1. Resultados análisis de suelo zona productora pepino dulce.

Localidad	pH	CE dS m ⁻¹	MO %	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
				Mg kg ⁻¹		
Cerrillos Pobre	7,3	1,7	1,6	18	5	196
Cerrillos Pobre	7,3	5,4	1,6	41	31	290
Cerrillos Pobre	7,2	4,7	1,2	25	67	284
Cerrillos Pobre	8,1	2	2,3	22	86	328
Cerrillos Pobre	7,3	7,4	3,0	135	115	1.500
El Siete	8,2	5,5	1,4	12	23	120
El Siete	7,2	3,5	1,8	46	31	126
El Siete	7,4	5,1	1,6	28	27	271
El Siete	7,6	7	1,6	34	108	424
Los Olivos	7,7	4,2	1,2	10	6	508
Santa Cristina	7,4	8,5	1,4	37	28	93
Subida Las Sosas	7,5	7,1	1,7	107	21	415

Los suelos donde se produce tradicionalmente pepino dulce en la provincia de Limarí, sector de Cerrillos de Tamaya, mayoritariamente presentan contenidos de nitrógeno disponible, que pueden ser considerados como de nivel medio (20 a 35 mg kg⁻¹) y niveles altos y muy altos, categorías que en su conjunto abarcan el 42% de las muestras analizadas. En este sentido, la disponibilidad de este elemento no es tan restrictiva para el desarrollo del cultivo.

El contenido de fósforo presenta niveles de alto a muy alto, con valores que oscilan entre 5 y 115 mg kg⁻¹, concentrándose en el rango mayor, lo que sugiere una sobre fertilización con este elemento y a su vez, que el contenido de este elemento no representaría problemas para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, el contenido de fósforo debe analizarse en función del pH del suelo, a pH alto, mayor de 7,8 el fósforo detectado por el análisis de suelo está muy poco disponible. La mayor disponibilidad de fósforo se verifica a pH bajo 7,3. Además otro factor agronómico que afecta la eficiencia de absorción de este nutriente es el sistema radical de la planta, el cual a su vez es muy afectado por la condición física del suelo y el método de riego. Lo suelos del sector son arcillosos, delgados y de pobre condición física, esto explica por qué los agricultores aplican dosis altas de fósforo.

La disponibilidad de potasio en el suelo está muy relacionada con la textura del suelo, específicamente con el contenido de arcilla. A mayor contenido de arcilla el contenido de potasio debe ser más alto, suelos arcillosos deben contener por lo menos 300 mg kg⁻¹. Los resultados de los análisis de suelo indican que 5 de las 12 muestras analizadas presentan contenidos altos de este elemento.

La salinidad se ha mostrado como un factor negativo en el tamaño de los frutos en solanáceas, cucurbitáceas y cítricos. La conductividad eléctrica del área estudiada, indica suelos que se ubican en rangos de salinidad media a suelos salinos. Nuez y Ruiz (1996), informan que, en España e Israel a través de pruebas con distintos tratamientos de salinidad, la calidad organoléptica se ve mejorada en condiciones de salinidad moderada. Cabe señalar, que el cultivo del pepino registró producciones aceptables hasta en un rango de 8 dS m⁻¹, esto sugiere que podría ser recomendable su cultivo en zonas con salinidad media a alta, como alternativa de cultivo. Es importante destacar que la salinidad reportada no permite señalar qué elementos están produciendo la salinidad. Normalmente cloruro y sodio son los iones que más afectan el crecimiento de las plantas.

En relación con la reacción del suelo estos son neutros a moderadamente alcalinos. Además, registran valores muy bajos de contenido de materia orgánica, con valores promedio de 1,7% y un rango entre 1,2% a 3%.

Por otra parte, a través de la analítica se puede determinar que las bases de intercambio (Ca, Mg, K y Na), presentan contenidos medios a ligeramente altos debido a la textura arcillosa de los suelos (**Cuadro 6.2**). En relación a la saturación de cationes respecto de la suma de bases, la saturación de calcio es ligeramente baja en la mayoría de las muestras, idealmente el suelo debe presentar más del 70% saturado con calcio. La saturación de magnesio es adecuada en gran parte de las muestras analizadas. El sodio presenta niveles de saturación moderadamente altos y los niveles de saturación de potasio son más bien bajos, especialmente en aquellas muestras con menos de 3%.

En resumen, la analítica realizada, permite determinar que los suelos de la zona productora de pepino dulce son moderadamente alcalinos, ligeramente salinos con niveles de nutrientes más bien altos, condiciones que no limitarían el desarrollo del cultivo, no obstante, siempre debe realizarse análisis de suelo, para poder ajustar mejor las dosis de fertilización.

Cuadro 6.2. Resultados análisis de suelo zona productora pepino dulce, bases de intercambio (cmol kg⁻¹ y %).

Localidad	cmol kg ⁻¹			Suma de Bases	%		
	Calcio	Magnesio	Sodio		Calcio	Magnesio	Potasio
Cerrillos Pobre	14,17	5,36	0,55	20,58	69	26	3
Cerrillos Pobre	13,36	4,12	1,82	20,04	67	21	9
Cerrillos Pobre	9,76	3,66	0,99	15,13	65	24	7
Cerrillos Pobre	22,04	4,96	1,03	28,87	76	17	4
Cerrillos Pobre	12,77	5,52	2,75	24,88	51	22	11
El siete	11,02	3,48	1,21	16,02	69	22	8
El siete	17,22	6,15	1,05	24,74	70	25	4
El siete	18,55	8,88	2,53	30,65	61	29	8
El siete	19,18	10,11	2,78	33,16	58	30	8
Los Olivos	16,5	8,78	1,24	27,82	59	32	4
Santa Cristina	8,97	3,17	1,43	13,8	65	23	10
Subida Las Sosas	15	6,8	3,37	26,23	57	26	13

6.2 Manejo de la fertilización en cultivo de pepino dulce

En el año 2017, en predio ubicado en el sector Subida de Las Sosas, Cerrillos de Tamaya se estableció un experimento de campo en una superficie de 1.500 m², bajo condiciones de un suelo arcilloso delgado, se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del pepino dulce. El ensayo se manejó con riego por goteo, considerando una cinta por hilera (5 L m⁻¹ hora⁻¹) (**Figura 6.1**).

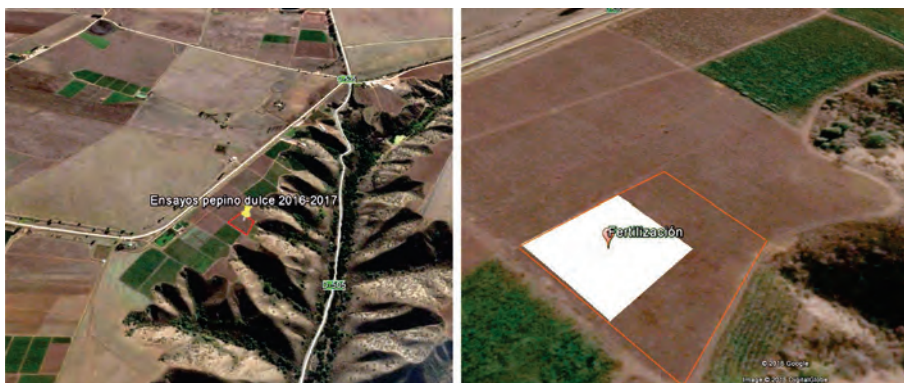


Figura 6.1. Ubicación parcelas ensayo fertilización.

El material vegetal utilizado correspondió a esquejes colectados de una plantación del mismo agricultor y se estableció en un marco de plantación de 1,5m * 0,4 m (16.666 plantas ha⁻¹).

El suelo del ensayo es plano, pedregoso en superficie, de 40 cm de profundidad, con moderada a fuerte reacción al ácido clorhídrico (HCl) en profundidad, suelo de pobre condición física y de textura arcillosa (**Figura 6.2**).

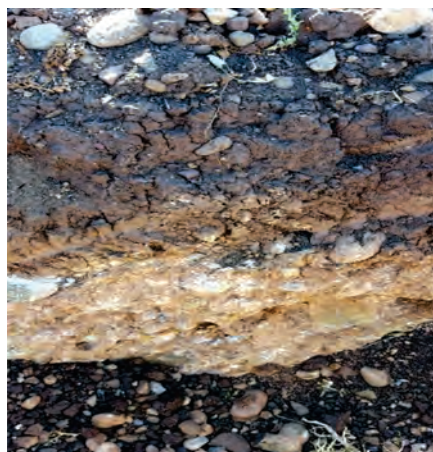


Figura 6.2. Perfil de suelo del sitio experimental.

6.2.1 Interpretación de los resultados del análisis de suelo del sitio experimental

El muestreo de suelo se realizó previo al establecimiento del cultivo, considerando una profundidad de muestreo de 0–25 cm, con 12 submuestras mezcladas y tomadas al azar en un trayecto en zigzag. El análisis químico de fertilidad incluyó N, P, K disponibles, CE, pH, M.O, N total, Ca, Mg, Na, suma de bases, CIC y micronutrientes incluido boro e índice de carbonato de calcio (**Cuadro 6.3**).

- **Reacción del suelo.** Ligeramente alcalino, en general condición adecuada para la mayoría de los cultivos de la zona. Suelos con alto poder tampón por su condición arcillosa.
- **CE.** Nivel ligeramente salino, sin mayor restricción para la mayoría de los cultivos y frutales.
- **Nitrógeno disponible.** Contenido alto, sugiere un aporte neto de más de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno.
- **Materia orgánica.** Bajo contenido de materia orgánica, considerando la textura arcillosa del suelo.
- **Fósforo extraíble.** Contenido moderadamente alto, muy baja probabilidad de respuesta a la fertilización fosfatada.
- **Potasio de intercambio.** Nivel adecuado para la textura arcillosa del suelo.
- **Calcio.** Contenido bajo para la textura arcillosa del suelo, se requiere incrementar su contenido para mejorar condición física del suelo.

Cuadro 6.3. Resultado del análisis de suelo del sitio experimental.

Parámetro	Unidad	Resultado
pH		7,5
Ce	dS m ⁻¹	2,4
N	mg kg ⁻¹	58
Materia orgánica	%	2,8
P	mg kg ⁻¹	33
K	mg kg ⁻¹	429
Ca	meq 100 g ⁻¹	14,8
Mg	meq 100 g ⁻¹	6,5
Na	meq 100 g ⁻¹	1,5
Suma de bases	meq 100 g ⁻¹	22,8
CIC	meq 100 g ⁻¹	22,7
Ca % CIC	%	65
Mg % CIC	%	29
K % CIC	%	4,8
Na % CIC	%	6,6
Índice de CaCO ₃	%	1,6
Hierro	ppm	11
Manganeso	ppm	35
Zinc	ppm	1,1
Cobre	ppm	4,4
Boro	ppm	4,5

- **Magnesio.** Nivel alto, esto afecta la condición física del suelo afectando la velocidad de infiltración.
- **Sodio.** Contenido muy alto, interfiere en la nutrición con calcio y potasio.
- **CIC y Suma de Bases.** Ambos parámetros son muy similares esto concuerda con la baja salinidad que presenta el suelo.
- **Porcentaje de calcio de la CIC.** Nivel bajo, se requiere aplicar calcio, a la forma de yeso agrícola u otra fuente de calcio.
- **Porcentaje de magnesio de la CIC.** Moderadamente alto, debido a que falta calcio.
- **Porcentaje de potasio de la CIC.** El porcentaje de saturación de potasio es adecuado debido al bajo contenido de calcio.
- **Porcentaje de sodio de la CIC.** Alto nivel de saturación de la CIC, al aplicar yeso y lavar el suelo se debería disminuir contenido de este elemento.
- **Índice de CaCO_3 .** Nivel bajo, pero inadecuado para especies sensibles.
- **Hierro.** Contenido adecuado.
- **Manganeso.** Nivel alto, el exceso de riego puede potenciar la toxicidad por este elemento.
- **Zinc.** Contenido bajo, nutriente importante para favorecer el desarrollo de raíces.
- **Boro.** Contenido adecuado de boro.

En resumen, el sitio del ensayo presentó:

- Alto contenido de nitrógeno disponible
- Contenido moderadamente alto de fósforo y potasio
- Alto contenido de sodio
- Bajo contenido de calcio, no como nutriente sino como mejorador de la condición física del suelo arcilloso.
- Bajo contenido de zinc.

Para el caso del nitrógeno, Fresquet (1999), indica que, para un cultivo de pepino dulce en condiciones de invernadero en la zona litoral de Valencia España, con rendimientos de 50 t ha^{-1} , este cultivo extraería un total de 267 kg ha^{-1} de nitrógeno. Por su parte Nuez y Ruiz (1996) citando trabajo realizado por Torelli (1984) indican extracciones totales de nitrógeno para un periodo de 250 días de cultivo de 210 kg ha^{-1} , siendo 125, 48 y 36 kg ha^{-1} para hojas, tallos y frutos, respectivamente.

En base a los resultados de este análisis, se determinó la fertilización a aplicar en base a cuatro dosis de nitrógeno y dosis de mantención de fósforo y potasio, además se aplicó una dosis constante de zinc (como sulfato) a todo el experimento vía suelo y boro a floración, vía foliar. Se incluyó a dos tratamientos adicionales sin fósforo y sin potasio, para evaluar el efecto de la no aplicación de estos nutrientes a un mismo nivel de nitrógeno (**Cuadro 6.4**). Se utilizaron como fuentes nitrato de amonio, ácido fosfórico y sulfato de potasio.

Cuadro 6.4. Identificación y descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	(kg ha ⁻¹)		
1	0	60	90
2	30	60	90
3	60	60	90
4	120	60	90
5	60	0	90
6	60	60	0

6.3 Resultados para nitrógeno

6.3.1 Efecto del nitrógeno sobre la fenología de pepino dulce

En **Cuadro 6.5**, se presenta los días requeridos entre plantación y los distintos estados fenológicos por tratamiento de fertilización nitrogenada. Se observa que las dosis de nitrógeno no presentaron efecto en los días requeridos para alcanzar cada estado fenológico hasta inicio de cuaja.

Cuadro 6.5. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre inicio de floración, floración, inicio de cuaja y cosecha (días después de plantación, ddp) en pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Inicio Floración (ddp)	Plena Floración (ddp)	Inicio Cuaja (ddp)
0-60-90	67,67 a	72,25 a	88,00 a
30-60-90	63,25 a	74,00 a	84,50 a
60-60-90	64,50 a	74,00 a	84,50 a
120-60-90	63,25 a	74,00 a	82,75 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

6.3.2 Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento de las plantas

Las dosis de nitrógeno incrementan el crecimiento en altura de las plantas, hasta los 60 kg ha⁻¹, mientras que la dosis máxima deprime el crecimiento (**Cuadro 6.6**). Esto puede explicarse por dos razones, el exceso de nitrógeno de la dosis alta, genera mayor salinidad en el suelo o un desbalance nutricional por el fósforo y potasio. La baja respuesta al nitrógeno aplicado, es por el alto nivel inicial de nitrógeno disponible detectado por el análisis de suelo, 58 ppm.

Cuadro 6.6. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en altura de plantas (cm) de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Días después plantación			Media tratamiento
	65	70	81	
0-60-90	30,0	32,1	38,0	33,4 c
30-60-90	30,0	34,8	42,9	35,9 b
60-60-90	30,6	36,9	45,6	37,7 a
120-60-90	27,6	30,8	38,3	32,2 c

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

Para las variables de longitud y ancho de las plantas, hasta el día 81 de cultivo, se observa un efecto negativo en la dosis más alta para longitud (**Cuadros 6.7 y 6.8**). El ancho de la planta no se ve afectado por efecto de dosis de nitrógeno.

Cuadro 6.7. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en longitud de plantas (cm) de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Días después plantación			Media tratamiento
	65	70	81	
0-60-90	38,6	39,6	44,1	40,8 a
30-60-90	37,6	40,0	45,8	41,1 a
60-60-90	35,5	40,0	44,9	40,1 a
120-60-90	34,0	37,1	41,9	37,5 b

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

Cuadro 6.8. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en ancho de las plantas (cm) de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Días después plantación			Media tratamiento
	65	70	81	
0-60-90	36,0	41,1	45,9	41,0 a
30-60-90	36,9	39,9	49,1	41,8 a
60-60-90	36,1	40,6	49,1	41,9 a
120-60-90	35,5	38,6	44,9	39,6 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

6.3.3 Efecto del nitrógeno sobre producción y calidad de la fruta

No se observó efecto de la dosis de nitrógeno evaluada, sobre el número de cosechas realizadas, ni en el número de frutos cosechados por planta. El cultivo respondió solo a 30 kg N ha⁻¹ (**Cuadro 6.9**). Esta baja respuesta a la fertilización se explica, como ya fue señalado, por el alto contenido inicial de N disponible en el suelo. Las plantas incrementaron su rendimiento desde 35 a 49 t ha⁻¹, 14 t más de fruta por unidad de superficie, es decir una eficiencia agronómica de 447 kg de fruta por kg de nitrógeno aplicado y provocó un adelanto en el inicio de cosecha, mientras que la dosis máxima deprimió el rendimiento. Los valores obtenidos concuerdan con los obtenidos por Fresquet (1999), quien recomienda dosis inferiores a 50 unidades de N ha⁻¹, a su vez Sierra (2013), indica que para

suelos del mismo sector donde se realizó este ensayo, con nivel de nitrógeno disponible de 13 mg kg⁻¹, la dosis recomendada no debiese superar las 80 unidades de este elemento.

Cuadro 6.9. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre parámetros productivos de pepino dulce

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Número cosechas	Número frutos planta	Producción (g planta)	Producción (t ha ⁻¹)
0-60-90	5,5 a	15,1 a	1.982,9 b	35,30 b
30-60-90	6,3 a	17,9 a	2.785,1 a	49,58 a
60-60-90	6,0 a	17,5 a	2.269,0 b	40,39 b
120-60-90	4,9 a	14,3 a	1.768,8 b	31,48 b

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa (p<0,05) según test de Duncan.

La tendencia en la curva respuesta a la fertilización nitrogenada indica incrementos hasta los 40 kg N ha⁻¹, posterior a este valor el rendimiento descende (**Figura 6.3**). Estos resultados son importantes de considerar pues los agricultores normalmente tienden a exagerar las dosis de nitrógeno. Esto confirma lo que muchos investigadores señalan: que el exceso de nitrógeno disminuye el rendimiento en el cultivo de pepino dulce.

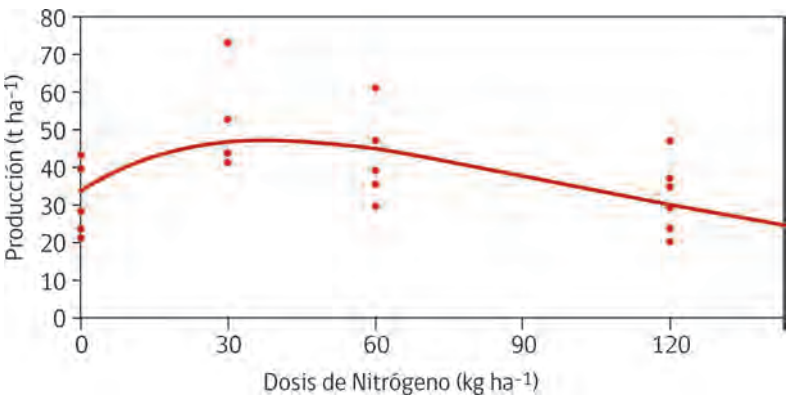


Figura 6.3. Efecto de la dosis de nitrógeno (kg ha⁻¹) sobre la producción de pepino dulce (t ha⁻¹).

En el **Cuadro 6.10**, se muestran algunos parámetros medidos de calidad de los frutos producidos, la fertilización nitrogenada no produce efectos negativos, pero tampoco positivos, sobre la calidad de la fruta.

Cuadro 6.10. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre parámetros de calidad de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Largo fruto (mm)	Ancho fruto (mm)	Color morado (%)	Sólidos solubles (° Brix)
0-60-90	82,2 a	58,1 a	54,1 a	8,0 a
30-60-90	88,2 a	60,2 a	47,9 a	7,7 a
60-60-90	85,6 a	56,9 a	40,9 a	7,8 a
120-60-90	81,9 a	54,5 a	49,1 a	8,1 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$) según test de Duncan.

6.3.4 Efecto del nitrógeno en diferentes tejidos de pepino dulce durante el desarrollo

6.3.4.1 Nitrógeno en hojas

En el **Cuadro 6.11**, se aprecia que el elemento disminuye significativamente su concentración en hojas, al avanzar el desarrollo del cultivo, independiente de la dosis de nitrógeno aplicada, esta es la situación típica y normal que sucede en las plantas, es decir inicialmente la concentración es alta y va disminuyendo a medida que se incrementa la biomasa vegetal de la planta, sin embargo, la extracción total de nitrógeno aumenta. Respecto del efecto de las dosis de fertilización, a dosis más altas mayor concentración de nitrógeno foliar ($p<0,05$).

Cuadro 6.11. Contenido de nitrógeno a nivel foliar en hojas (%), según distintas dosis y a diferentes días después de plantación.

Tratamiento	Días después de plantación					Promedio tratamiento
	87	122	151	181	216	
0-60-90	2,86	2,48	2,24	2,4	2,27	2,45 b
30-60-90	2,99	2,66	2,25	2,3	2,21	2,48 b
60-60-90	3,30	2,98	2,27	2,4	2,60	2,71 a
120-60-90	2,88	2,87	2,53	2,54	2,35	2,63 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$) según Test DGC.

Cabe señalar que el contenido de nitrógeno en las hojas es adecuado en todas las mediciones realizadas.

6.3.4.2 Nitrógeno en tallos

En el **Cuadro 6.12**, se aprecia la evolución del contenido de nitrógeno en los tallos de las plantas, el que disminuye al avanzar en el desarrollo del cultivo, con la misma tendencia que lo señalado para el caso de las hojas. Cabe destacar, que el contenido de nitrógeno en los tallos es más bajo que en las hojas y su concentración cae en el tiempo de manera más abrupta.

Cuadro 6.12. Contenido de nitrógeno en tallos (%) según distintas dosis y a diferentes días después de plantación.

Tratamiento	Días después de plantación					Promedio tratamiento
	87	122	151	181	216	
0-60-90	1,23	0,81	0,63	0,69	0,85	0,84 a
30-60-90	1,19	0,82	0,61	0,64	0,71	0,79 a
60-60-90	1,51	0,99	0,63	0,64	0,81	0,92 a
120-60-90	1,29	0,88	0,67	0,69	0,86	0,88 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$) según Test DGC.

6.3.4.3 Nitrógeno en Frutos

En frutos, se analizó en las cuatro cosechas, sin diferencias en el porcentaje de nitrógeno. Las dosis de nitrógeno aplicadas, no incrementan el contenido en la fruta, lo que puede explicarse porque las dosis aplicadas no son excesivas (**Cuadro 6.13**).

Cuadro 6.13. Contenido de nitrógeno en fruta (%), según distintas dosis y a diferentes días después de plantación.

Tratamiento	Días después de plantación				Promedio tratamiento
	122	151	181	216	
0-60-90	1,0	0,6	0,7	0,7	0,74 a
30-60-90	0,7	0,6	0,6	0,7	0,63 a
60-60-90	0,8	0,7	0,6	0,8	0,66 a
120-60-90	0,8	0,8	0,6	0,8	0,74 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$) según Test DGC.

En la **Figura 6.4** se aprecia que, las plantas incrementan ligeramente la concentración de nitrógeno en las hojas, al aumentar las dosis de nitrógeno aplicado. Esto se explica por el contenido inicial de nitrógeno en el suelo, que permite un adecuado suministro del elemento aun sin aplicar este nutriente. En tallos, se aprecia menor incremento de la concentración de nitrógeno por efecto de la fertilización nitrogenada. En el caso de los tallos corresponden a tejidos conductivos por donde fluyen los nutrientes y no son tejidos de acumulación. En el caso de las hojas son estructuras donde se acumula el nitrógeno durante ciertos períodos y forman diferentes estructuras orgánicas que son translocadas a las raíces, flores, en menor medida a los frutos y eventualmente a nuevos brotes. Los frutos de pepino no son ricos en nitrógeno (Nuez y Ruiz 1996) como la mayoría de las especies de fruto, contienen azúcares, antioxidantes y en menor medida nitrógeno. Los frutos, presentan los contenidos más bajos de los tres tipos de tejidos analizados, pero de un orden de magnitud similar al de los tallos. Cabe señalar que un bajo contenido de nitrógeno en los frutos favorece una mejor condición de la fruta en post cosecha, por mayor firmeza de esta.

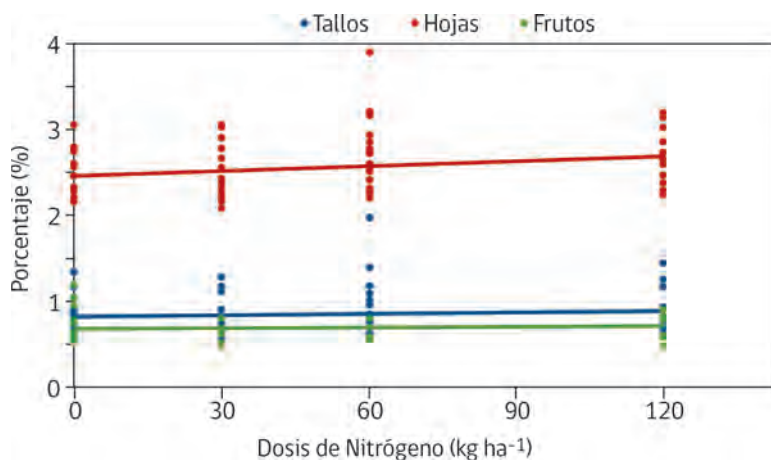


Figura 6.4. Efecto de la dosis de nitrógeno en el contenido de nitrógeno en hojas, tallos y frutos de pepino dulce.

6.4 Resultados para Fósforo

El fósforo es un elemento primario esencial, determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces y transportador de energía química en todos los tejidos de la planta. Su efecto es determinante en la fructificación de las plantas (Sierra, 2013).

Mediciones realizadas en España, en invernadero, determinaron que el nivel de extracción de este cultivo en el caso de fósforo es de 28 kg ha⁻¹ (Fresquet, 1999), cifra similar a los reportado por Torelli (1984), quien señala que el cultivo extraería 29 kg ha⁻¹, distribuidos en: 13 kg ha⁻¹ en hojas, 8,1 kg ha⁻¹ en tallos y 7,9 kg ha⁻¹ en frutos.

6.4.1 Efecto del fósforo sobre la fenología de la planta

Para evaluar el efecto de la fertilización fosforada se compararon dos tratamientos, uno con y uno sin fósforo, más la dosis media de nitrógeno y de potasio utilizadas. No se obtuvo efecto de la aplicación de fósforo sobre los distintos estados fenológicos de la planta, lo que se explica por el nivel moderadamente alto de fósforo disponible detectado inicialmente (**Cuadro 6.14**).

Cuadro 6.14. Efecto de la fertilización fosforada sobre inicio de floración, floración e inicio de cuaja y cosecha en pepino dulce (días después de plantación ddp).

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Inicio floración (ddp)	Plena floración (ddp)	Inicio cuaja (ddp)	Cosecha (ddp)
60-60-90	64,5 a	74,0 a	84,5 a	157,3 a
60-0-90	63,3 a	74,0 a	84,5 a	142,6 a
Pr>F	0,537	>0,9999	>0,9999	0,1694

Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa (p<0,05) según test de Duncan.

6.4.2 Efecto del fósforo sobre el crecimiento de las plantas

El crecimiento de las plantas con y sin fertilización fosforada adicional, solo afecta el crecimiento en altura, siendo mayor en aquellas plantas que recibieron fósforo. Esto sugiere un pobre crecimiento radical, que afecta la absorción del fósforo disponible que existe en el suelo, esto explica, que aun cuando existe un nivel alto en el suelo, la planta no puede absorberlo. Otro factor que puede explicar este efecto es el pH, sin embargo, este no es crítico, se considera que sobre 7,8 la disponibilidad es más afectada. La textura arcillosa del suelo y la pobre estructuración del mismo, afectan el desarrollo radical y en consecuencia la absorción de fósforo. Está ampliamente estudiado que el fósforo es el macronutriente que más afecta su absorción bajo pobres condiciones físicas del suelo. Para el caso de longitud y ancho de plantas no hay efecto (**Cuadro 6.15**).

Cuadro 6.15. Efecto de la fertilización fosforada sobre el crecimiento en altura (cm), longitud (cm) y ancho (cm) de plantas de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Variables del crecimiento		
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)
60-60-90	37,7 a	40,1 a	41,9 a
60-0-90	34,7 b	39,1 a	45,1 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

6.4.3 Efecto del fósforo sobre producción y calidad de fruta

Dado el nivel de fósforo en el suelo y la dosis utilizada, no se observó diferencias productivas en factores de calidad de la fruta cosechada entre aplicar o no fósforo al cultivo (**Cuadro 6.16**).

Cuadro 6.16. Efecto de la fertilización fosforada sobre parámetros de producción de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Número cosechas	Producción (t ha ⁻¹)	Frutos				
			Número planta ⁻¹	Largo (mm)	Ancho (mm)	% morado	Sólidos solubles (°Brix)
60-60-90	6,0	40,4 a	17,5	85,6	57,0	40,9	7,8
60-0-90	5,4	37,0 a	16,4	86,2	58,2	52,3	8,3

6.4.4 Efecto de la dosis de fertilización fosforada sobre el contenido de fósforo en tejidos

La variación del contenido de fósforo foliar tiende a decrecer (en hojas y frutos) con el desarrollo del cultivo, esto sugiere que el sistema radical de la planta no permitió mantener una adecuada absorción del nutriente a través del tiempo. Sin embargo, las concentraciones no caen a niveles críticos, como para afectar la floración de la planta. Todos los contenidos detectados a nivel foliar son adecuados, lo que está de acuerdo con lo señalado en cuanto a que el contenido de fósforo inicial del suelo es moderadamente alto. En tallos, la tendencia observada es a mantener un valor estable de fósforo en el tejido. Al igual que en el caso del nitrógeno, el fósforo se estaría translocando hacia otras estructuras de la planta, como raíces y frutos (**Figura 6.5**).

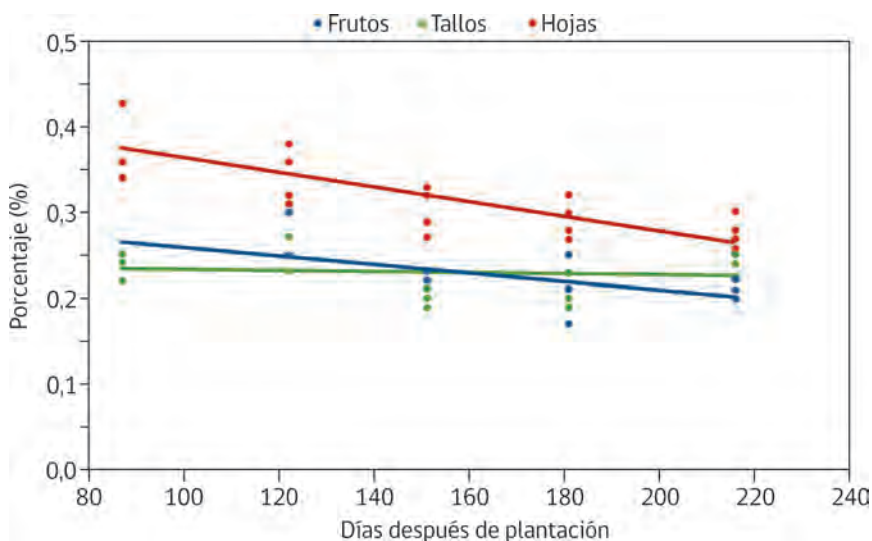


Figura 6.5. Evolución del contenido fósforo en hojas, tallos y frutos de pepino dulce.

6.5 Resultados para Potasio

Potasio es considerado como un nutriente esencial en las plantas, que promueve el desarrollo del crecimiento y determina la mayor o menor coloración de flores y frutos, así como el sabor de éstos (Andrago, 2015). Responsable de muchos procesos vitales como regulador del cierre de estomas, activador principal de la síntesis de carbohidratos y proteínas, junto con el nitrógeno son los elementos de mayor extracción en los cultivos (Marschner, 1995).

Para este elemento se indican extracciones de 281 kg ha^{-1} , siendo la mayor proporción extraída en hojas (114 kg ha^{-1}), seguidos de tallos (101 kg ha^{-1}) y frutos con 66 kg ha^{-1} (Fresquet, 1999 y Torelli 1984).

6.5.1 Efecto del potasio sobre la fenología de la planta

Al adicionar potasio vía fertirrigación, no se registra efecto en el tiempo requerido para alcanzar cada estado fenológico hasta cuaja, solo se detectó un efecto negativo en el inicio de cosecha (15 días de retardo) (**Cuadro 6.17**).

Cuadro 6.17. Efecto de la fertilización potásica sobre inicio de floración, floración, inicio de cuaja e inicio de cosecha en pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Inicio floración	Plena floración	Inicio cuaja	Inicio cosecha
60-60-90	64,5 a	74,0 a	84,5 a	157,3 b
60-60-0	65,3 a	67,5 a	82,8 a	141,5 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

6.5.2 Efecto del potasio sobre el crecimiento de la planta

Al adicionar potasio en la cantidad de 90 kg ha⁻¹, bajo las condiciones del ensayo, no se obtuvo efecto sobre los parámetros de crecimiento vegetativo evaluados, como se puede apreciar en el **Cuadro 6.18**.

Cuadro 6.18. Efecto de la fertilización potásica sobre el crecimiento en altura (cm), longitud (cm) y ancho (cm) de plantas de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Variables del crecimiento		
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)
60-60-90	37,7 a	40,1 a	42,0 a
60-0-90	38,4 a	41,5 a	45,1 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

6.5.3 Efecto del potasio sobre la producción de pepino dulce

Al igual que para el caso de fósforo, no se observaron diferencias significativas para producción y para la mayor parte de los parámetros de calidad de la fruta, al adicionar potasio. Se reporta la existencia de una mayor proporción del fruto con manchas moradas al no fertilizar el cultivo con este elemento (**Cuadro 6.19**).

Cuadro 6.19. Efecto de la fertilización potásica sobre parámetros de producción y características de los frutos de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha ⁻¹	Número cosechas	Producción (t ha ⁻¹)	Frutos				
			Número planta ⁻¹	Largo (mm)	Ancho (mm)	Morado %	Sólidos solubles (°Brix)
60-60-90	6,0	40,4	17,5	85,6	57,0	40,9 b	7,8
60-60-0	6,0	37,1	14,6	88,6	60,1	50,4 a	7,9

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según test de Duncan.

6.5.4 Efecto de la dosis de fertilización sobre el contenido de potasio en tejidos

En hojas y tallos el contenido de potasio tiende a disminuir con el desarrollo del cultivo, siendo siempre mayor en hojas que en tallos. En hojas, el contenido de potasio más adecuado para el pepino dulce debería variar entre 3,0 y 4,0%. Esto sugiere que las concentraciones caen a niveles cercanos al nivel crítico en el último muestreo. La disminución en estos tejidos puede deberse a que la planta estaría translocando este elemento hacia los frutos, ya que en este tejido, de acuerdo a la **Figura 6.6**, tiende a aumentar levemente a medida que aumentan las cosechas.

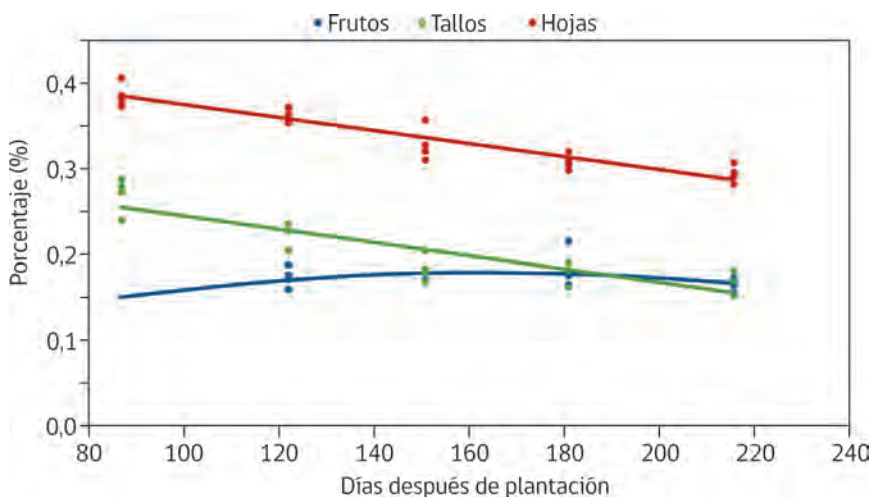


Figura 6.6. Evolución del contenido potasio en hojas, tallos y frutos de pepino dulce.

6.6 Consideraciones y recomendaciones

- Escasa respuesta al nitrógeno, en altura de plantas, solo hasta 60 kg ha⁻¹.
- Efecto depresivo de la dosis máxima de nitrógeno aplicada de 120 kg ha⁻¹. Esto se explica por el alto nivel inicial de nitrógeno disponible detectado por el análisis de suelo.
- Se aprecia efecto al fósforo solamente en crecimiento en altura de las plantas, aun con 33 ppm de fósforo disponible. La carencia de raíces debido a la pobre condición física del suelo explica esta respuesta.
- La aplicación de potasio no produce efectos sobre los parámetros evaluados de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Ante lo anterior se recomienda:

- Fertilizar el cultivo con dosis moderadas de nitrógeno entre 60 y 80 unidades, pero considerando el historial previo de fertilización del potrero, aplicando la mayor cantidad de nitrógeno en las primeras 8 semanas de cultivo.
- Aplicar dosis de mantención de fósforo y potasio, considerando igualmente el historial de fertilización previa del potrero. Para precisar mejor el programa de fertilización del cultivo se recomienda analizar químicamente el suelo, previo al trasplante.

Bibliografía

- Andrango, J. 2015. Determinar el rendimiento a la aplicación de tres niveles de fertilización con dos bioestimulantes enraizadores en el cultivo de pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton) en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 73 p.
- Fresquet, J. 1999. Estudios sobre nutrición, fertilización y otras técnicas agronómicas en el cultivo protegido del pepino dulce en el litoral valenciano. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. Resumen disponible En <http://www.mastesis.com/tesis/estudios>.

- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Plant Nutrition. University of Federal Republic of Germany. Academic Press Inc. London Ltd. United States Edition, Orlando. Florida. 673 p.
- Nuez, F. y J. Ruiz. 1996. El pepino dulce y su cultivo. Estudio FAO, ROMA. 142 p.
- Sierra B., C. 2013. Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. 112 p. Boletín INIA Nº271. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena Chile.
- Torelli L., B. 1984. Ritmo de absorción de N, P, K, en pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) a través del periodo de desarrollo del cultivo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota Chile.

Capítulo 7

Riego en el cultivo de pepino dulce

Rodrigo Márquez A.

Ing. Agrónomo

rodrigo.marquez@inia.cl

Cornelio Contreras S.

Ing. Agrónomo

7.1 Introducción

La cantidad y calidad del agua aplicada al cultivo de pepino dulce en forma de riego representa uno de los factores productivos más importantes, tanto para rendimiento en número y peso como en calidad. Debido a las restricciones hídricas causadas por la baja en las precipitaciones en los últimos años y, la necesidad de optimizar el uso de agua a nivel predial, INIA realizó un ensayo durante la temporada 2017, en la localidad de Cerrillos de Tamaya, Ovalle, región de Coquimbo, en un suelo arcilloso, bajo un sistema de riego por goteo, con reposición de un 100% de la demanda evapotranspirativa con 4 cintas de riego (T1), un 75% de la demanda evapotranspirativa con 3 cintas de riego (T2) y un 50% de la demanda evapotranspirativa (T3) con 2 cintas.

7.1.1 Forma y distribución de raíces

Utilizando una metodología de análisis de imágenes de raíces (Colombi *et al.* 2015) se pudo determinar que la forma y distribución de raíces en el suelo del estudio varió en función del régimen de riego al que se sometió el cultivo. La distribución de las raíces en cada tratamiento es visible en el **Cuadro 7. 1** y en la **Figura 7.1**.

Cuadro 7. 1. Distribución de las raíces en distintos tratamientos de riego.

Variable medida	Tratamientos (% ETo)		
	T100%	T75%	T50%
Masa subterránea (raíces), materia seca 72 horas a 85°C (g)	43,7 ± 11,0 a	42,7 ± 7,5 a	29,0 ± 13,2 b
Profundidad del 25% de raíces (cm)	4,0 ± 0,7 a	3,0 ± 0,6 b	3,9 ± 0,6 a
Profundidad del 50% de raíces (cm)	7,7 ± 1,3 a	6,5 ± 1,2 a	7,1 ± 0,9 a
Profundidad del 75% de raíces (cm)	12,3 ± 2,3 a	11,4 ± 2,1 a	10,4 ± 1,3 a
Profundidad del 95% de raíces (cm)	19,9 ± 4,9 a	18,3 ± 5,5 a	14,6 ± 2,3 a
Profundidad del 99% de raíces (cm)	25,7 ± 6,2 a	22,8 ± 6,4 a	18,6 ± 2,8 a
Ancho del 50% de las raíces (cm)	11,4 ± 3,6 a	12,3 ± 1,6 a	8,8 ± 1,6 a
Ancho del 95% de las raíces (cm)	41,7 ± 14,9 a	43,2 ± 9,0 a	36,0 ± 9,0 a
Ángulo de apertura de las raíces (°)	154,6 ± 20,1 ab	172,4 ± 7,7 a	138,6 ± 22,0 b
Área del corte transversal (cm ²)	239,5 ± 59,3 a	250,4 ± 52,0 a	157,3 ± 50,3 b

Nivel de significancia del 95%, análisis de rango múltiple de Duncan.

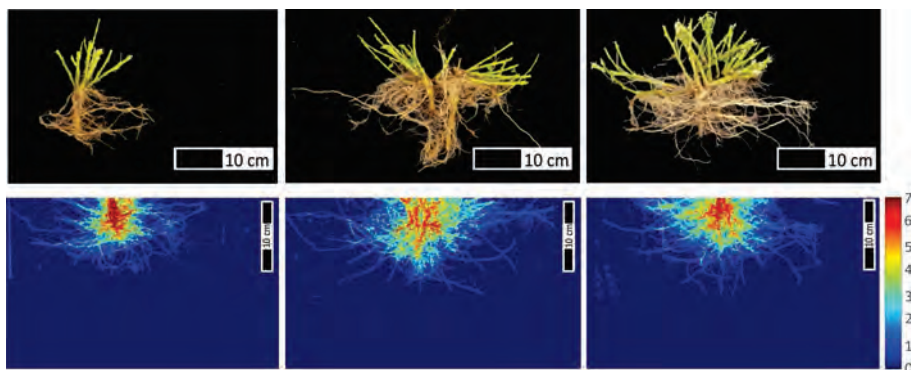


Figura 7.1. Distribución de las raíces en distintos tratamientos de riego. T50 (izquierda), T75 (centro) y T100 (derecha)

De acuerdo al **Cuadro 7. 1**, el cultivo de pepino dulce presenta una disminución en la cantidad de raíces, tanto en masa como en área de exploración, cuando se repone el 50% de la demanda evaporativa, en relación a la reposición del 100 y 75%. La profundidad de exploración no supera el rango de los 25-30 cm, mientras que el ancho de exploración está en el rango del 50% al 60% de la entre hilera (1,5 m). Esto se puede visualizar gráficamente en la **Figura 7.1**.

Lo anterior indica al cultivo de pepino dulce como de arraigamiento superficial, menor a 35 cm, al mismo tiempo que se describe un ancho de zona de raíces de 45 cm. Los tiempos de riego, por lo tanto, se deben acotar para lograr un bulbo de mojamiento que no exceda las dimensiones del crecimiento radical.

El control correcto de humedad de suelo con sensores, es recomendable a una profundidad de 5, 15 y 25 cm, en forma de cruz para considerar la variabilidad espacial en que se distribuye el agua en el suelo (**Figura 7.2**) de modo que el primer punto (1') indica la frecuencia de riego, los 3 intermedios (2, 3, 4) la expansión del bulbo de mojamiento y por lo tanto la posición de la o las líneas de riego (que debe superponerse a la zona de raíces) mientras que sensor inferior (5') indica si existe exceso de agua en profundidad y determina el tiempo de riego. La cantidad de agua a reponer es la diferencia entre el promedio de la humedad evaluada y la humedad de Capacidad de Campo (CC) para este suelo.

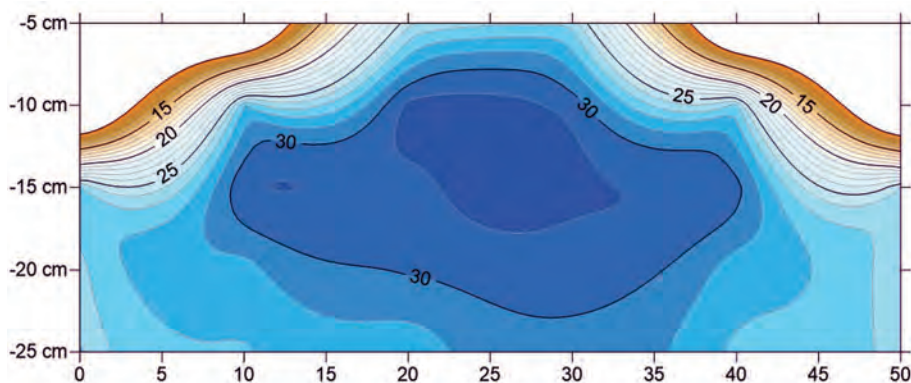


Figura 7.2. Distribución de la humedad de suelo 24 horas después de un riego de 2 horas de duración en suelo franco con cultivo de pepino dulce en Pan de Azúcar.

Un registro de contenido de agua de suelo a distintas profundidades, denominados horizonte 1, 2, 3 y 4 (H1, H2, H3 y H4) y en distintos tipos de suelo (a, b y c) se puede ver en la **Figura 7.3**. Cabe destacar la importancia que tiene el riego inicial para llevar la humedad del suelo al rango de humedad fácilmente aprovechable por la planta. Distintos tipos de suelo requieren una frecuencia y cantidad distinta de riego; de igual manera existen diferencias en lo que es humedad idónea para cada uno (a, b y c en **Figura 7.3**). En el caso de un suelo arcilloso, la humedad idónea se mueve entre 35 a 42% durante los meses de

máxima demanda evapotranspirativa, mientras que en un suelo franco el rango va entre 16 y 27% y en uno arenoso de 5 a 13%, y en este último caso requiere más de un riego corto por día.

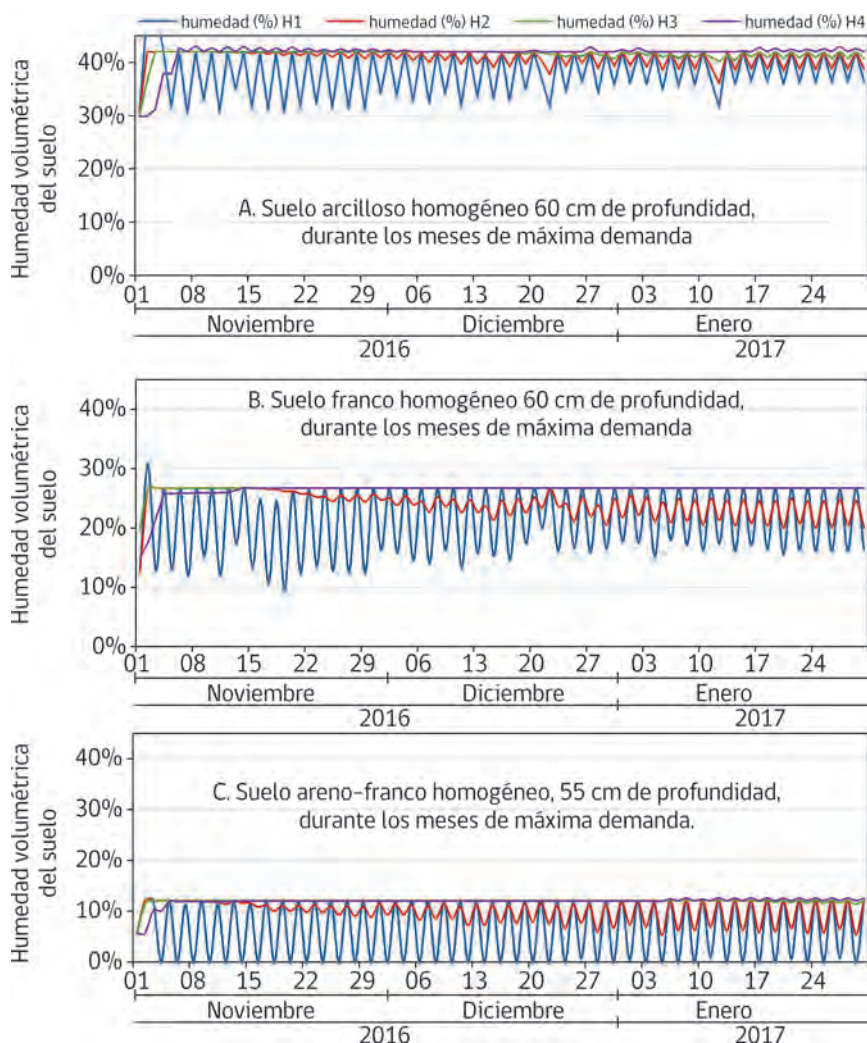


Figura 7.3. Humedades idóneas de suelo (dentro del rango de humedad fácilmente aprovechable) para distintos tipos de suelo durante los 3 primeros meses del cultivo de pepino dulce, bajo las condiciones meteorológicas de la localidad de Cerrillos de Tamaya (modelo ideal para cada suelo).

7.1.2. Agua utilizada en la transpiración del cultivo de pepino dulce

Ensayos de riego realizados por INIA en la localidad de Cerrillos de Tamaya durante la temporada 2016–2018, permitieron evaluar el comportamiento del cultivo de pepino dulce bajo tres regímenes de riego relativos a la evapotranspiración de referencia (ET_o) (**Figura 7.4**).

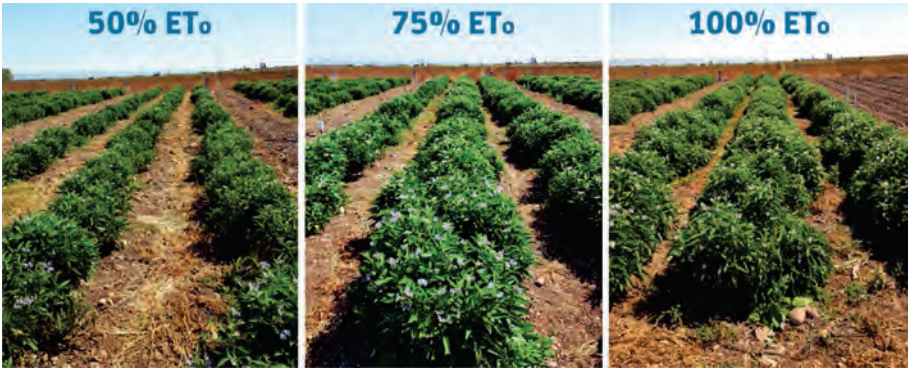


Figura 7.4. Ensayos de riego en Cerrillos de Tamaya con distintas tasas de reposición de la demanda evapotranspirativa mediante riego por goteo, Ovalle. 2016–2017. DSH = 40 cm, DEH= 150 cm. Día 139 desde plantación.

En el pepino dulce, la tasa de cobertura se relaciona con los tratamientos de riego aplicados T1 (100%), T2 (75%) y T3 (50%), donde el ancho del follaje sobre la entre hilera, se ve afectada por las condiciones hídricas del suelo. Las tasas del 50% de la ET_o y del 100% de la ET_o, disminuyen y retrasan la cobertura foliar, respectivamente, de la tasa de riego del 75%. Lo anterior se puede ver en la **Figura 7.5**.

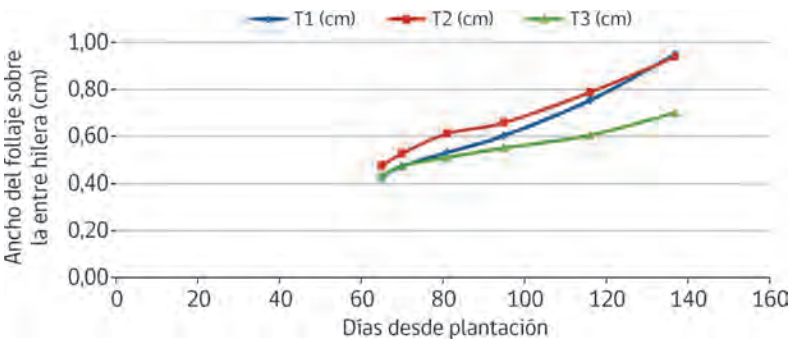


Figura 7.5. Cobertura del cultivo de pepino dulce bajo distintos regímenes de riego en la localidad de Cerrillos de Tamaya durante la temporada 2016–2017.

Debido a los resultados obtenidos en Cerrillos de Tamaya, se realizó una verificación de la tasa de riego al 75% de la ETo en la Parcela Experimental de INIA en Pan de Azúcar. La principal diferencia entre ambos sitios de estudio es la ETo mayor en Cerrillos de Tamaya ($5,2 \text{ mm día}^{-1}$)¹ que en Pan de Azúcar ($4,4 \text{ mm día}^{-1}$) y el tipo de suelo; siendo el primer caso un suelo arcilloso, mientras que en Pan de Azúcar el cultivo se desarrolló en un suelo franco (**Figura 7.6**).



Figura 7.6. Ensayo de riego en Pan de Azúcar, Coquimbo. 2017–2018. Tasa de reposición de riego del 75% de la ETo. Distancia sobre Hilera = 40cm, Distancia entre Hilera = 150cm.

De los ensayos realizados en Cerrillos de Tamaya y en Pan de Azúcar, se pudo obtener la relación entre riego y rendimiento (**Figura 7.7**). Se aprecia que la producción, tanto en número de frutos como en kilogramos por planta, es inversamente proporcional al número de días a que la planta se somete a estrés hídrico, contabilizando este estrés como días bajo el Umbral de riego (UR), es decir un suelo relativamente seco; así como los días en que se mantuvo el cultivo en condiciones de saturación de suelo, sobre capacidad de campo, durante el periodo comprendido entre cuaja de frutos (primera quincena de diciembre) y la primera quincena de mayo.

¹ Promedio de la localidad en el mes de máxima demanda, enero, según estaciones meteorológicas de Pan de Azúcar y Algarrobo Bajo de la red agro-meteorológica nacional.

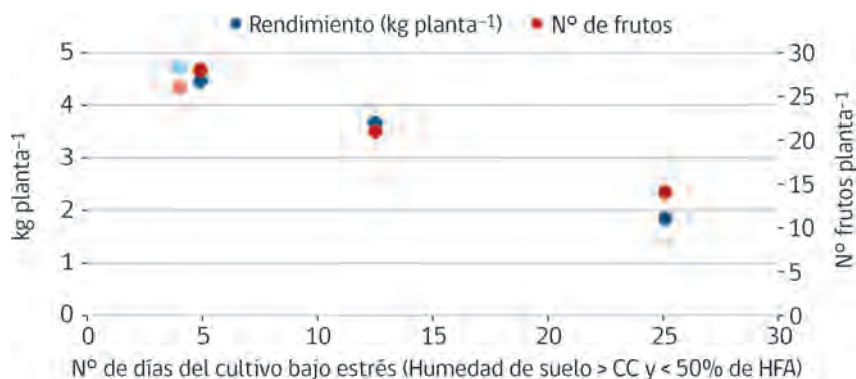


Figura 7.7. Relación entre el número de días bajo estrés hídrico desde inicio de cuaja y el rendimiento. Distancia sobre hilera (DSH)= 40 cm, distancia entre hilera (DEH)= 150 cm. Se agregan a esta figura los resultados de la localidad de Pan de Azúcar para el ensayo de 75% de ETo (símbolos más claros).

Además de rendimiento cuantitativo, el pepino dulce mostró el mismo comportamiento al analizar la distribución de la fruta cosechada para cada tratamiento de riego, como se puede ver en **Cuadro 7.2**, donde los calibres de mayor tamaño se concentran en el tratamiento del 75% de la ETo, mientras que un riego mayor (100% de la ETo) presenta más frutos de menor calibre y un menor rendimiento general, mientras que un riego menor (50% de la ETo) presenta menor número de frutos y kilogramos totales.

Cuadro 7.2. Rendimiento de pepino dulce bajo distintas tasas de riego y la distribución en calibres.

Tratamiento	Calibre 1 (>150 g)		Calibre 2 (90-150 g)		Calibre 3 (< 90 g)		Total	
	Nº	kg planta ⁻¹	Nº	kg planta ⁻¹	Nº	kg planta ⁻¹	Nº	kg planta ⁻¹
100% ETo *	14	2,73	7	0,87	1	0,05	21 ab	3,65 a
75% ETo *	15	3,04	10	1,28	2	0,14	28 a	4,46 a
50% ETo*	4	0,73	8	0,97	2	0,14	14 b	1,84 b
75% ETo **	16	3,70	7	0,80	2	0,10	26	4,80

*Cerrillos de Tamaya 2016-2017.

** Pan de Azúcar 2017-2018.

La tasa de riego es función del producto entre el coeficiente de cultivo basal (Kcb) y la demanda evapotranspirativa, por lo anterior, se presenta la curva de crecimiento del pepino dulce desarrollada en base a monitoreo del índice vege-

tacional NDVI (**Figura 7.8**) de los distintos ensayos y las tasas de riego efectivas de mayor rendimiento (75% de la ETo). Esta curva es extrapolable a otras condiciones climáticas de la región de Coquimbo para fines de programación de riego y balance hídrico al realizar los cálculos bajo la metodología del coeficiente de cultivo dual del boletín FAO 56, para lo cual se presentan las variables del pepino dulce en **Cuadro 7.3**. Cabe señalar que el **Cuadro 7.3**, indica como fin del cultivo la temporada de riesgo de heladas y lluvias en la región de Coquimbo, que es cuando usualmente se deteriora la producción del cultivo y se da por terminado, pero en ciertas localidades, especialmente en algunas áreas comunales de Cerrillos de Tamaya, esto no ocurre y se pudo cosechar hasta primavera.

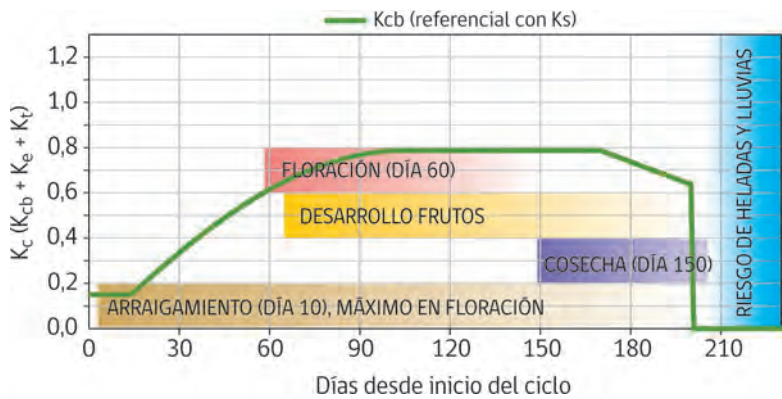


Figura 7.8. Curva de crecimiento Pepino dulce desarrollada en base a series temporales de NDVI y mediciones de crecimiento en terreno.

Cuadro 7.3. Listado de parámetros de cultivo de pepino dulce, necesarios para realizar cálculos de riego mediante la metodología del coeficiente de cultivo dual publicado por la FAO en el Boletín N°56.

	Profundidad arraigamiento máximo (m)	Umbral crítico (a ET de 5 mm día ⁻¹)		K _{cb} inicial	K _{cb} medio	K _{cb} final
Pepino Dulce, INIA 75% ETo	0,35	0,40		0,15	0,80	0,65
Altura máxima del cultivo (m)	Fecha de plantación	Etapas inicial (días)	Etapas de desarrollo (días)	Etapas media (días)	Etapas tardía (días)	Total (días)
0,6	noviembre	15	90	65	30	200

7.2 Riego del pepino dulce

Con los antecedentes obtenidos, se estimó la demanda hídrica del pepino dulce para dos zonas de producción de la región de Coquimbo: Pan de Azúcar y Cerrillos de Tamaya. Para la estimación de demanda hídrica en base a los ensayos realizados, la metodología utilizada implicó el uso del modelo de "Coeficiente de cultivo dual (kc dual)- Evapotranspiración de referencia" indicado en el Manual FAO N°56 (Allen *et al.* 1998 y 2005, Jensen y Allen 2006), el cual permite implementar un balance hídrico en el suelo utilizando el coeficiente de cultivo (Kcb), un coeficiente de estrés (Ks) asociado al agotamiento de humedad en el suelo, un coeficiente de evaporación directa (Ke) y la demanda ambiental (ETo) del sitio siguiendo la relación $ET_c = (K_{cb} \cdot K_s + K_e) \cdot ETo$.

El modelo fue alimentado con tres antecedentes esenciales:

- 1) Información meteorológica de la plataforma AGROMET para estimar la demanda ambiental local (obtención de ETo diaria, (ASCE-EWRI, 2004).
- 2) Información del ciclo de crecimiento del cultivo obtenida a partir de imágenes satelitales multi-espectrales (Calera *et al.* 2010, 2017) apoyada en mediciones de raíces y follaje.
- 3) Información de la curva característica de retención de humedad en el suelo (medida en laboratorio junto a otras propiedades físicas derivadas de ecuaciones pedogenéticas (Saxton *et al.* 2006) y el modelamiento de la conductividad hidráulica y ascenso capilar (Van Genuchten 1980, Wösten *et al.* 1999 y 2001).

Según se puede ver en las **Figuras 7.9 y 7.10**, la distribución de la demanda hídrica sigue patrones distintos en ambas localidades. En Cerrillos de Tamaya la demanda hídrica se considera alta desde la plantación en noviembre y diciembre, mientras que en Pan de Azúcar el máximo de demanda se alcanza el mes de enero. Desde febrero en adelante las necesidades de riego tienden a equipararse. Además, existe una diferencia en el número de riegos necesarios de realizar² debido en parte a las características del suelo y el secamiento superficial de este.

² Se considera sistema de riego a línea simple con goteros de 1 litro por hora, a 20 cm de DSH y 150 cm DEH.

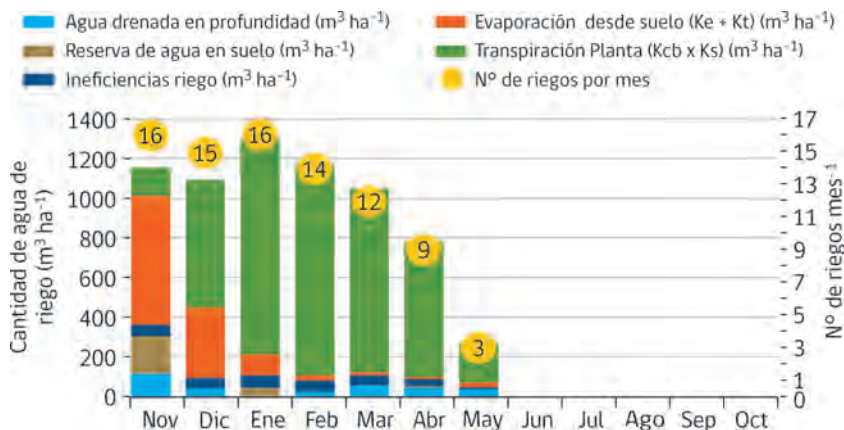


Figura 7.9. Balance hídrico estimado para riego de pepino dulce plantado el 1º de noviembre en Cerrillos de Tamaya durante la temporada 2016-2017. Suelo Arcilloso.

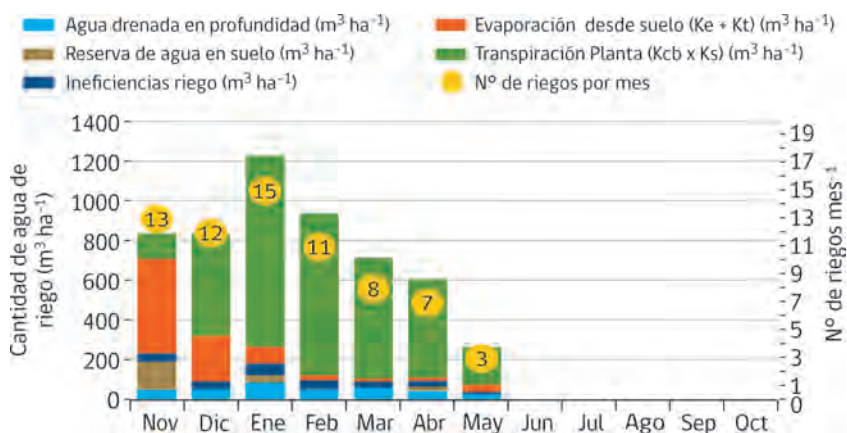


Figura 7.10. Balance hídrico estimado para riego de pepino dulce plantado el 1º de noviembre en Pan de Azúcar durante la temporada 2017-2018. Suelo Franco.

La demanda hídrica óptima para la temporada de ensayo corresponde a $6.250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (**Cuadro 7.4**), lo que se condice con experiencias realizadas por INIA en la misma localidad de Cerrillos de Tamaya durante la temporada 1996-1997 con una demanda de $6.661 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y rendimientos de entre 30 y 33 t ha^{-1} .

Se estima que el consumo de agua de riego para el pepino dulce, para las condiciones recomendadas en este estudio, es de 6.250 m^3 en Cerrillos de Tamaya y hasta 4.950 m^3 en la localidad de Pan de Azúcar (**Cuadro 7.5**).

Cuadro 7.4. Coeficiente de cultivo y consumo de agua por mes para los ensayos realizados en Cerrillos de Tamaya.

Mes	Kc calculado (promedio)	Demanda calculada (m³ ha⁻¹)	Nº de riegos por mes	Horas riego promedio por evento
Enero	0,82	1.194	16	2,2
Febrero	0,84	1.114	15	2,1
Marzo	0,82	998	16	2,4
Abril	0,81	738	14	2,4
Mayo	0,42	260	12	2,5
Junio	0,00	0	9	2,5
Julio	0,00	0	3	2,1
Agosto	0,00	0	0	0,0
Septiembre	0,00	0	0	0,0
Octubre	0,00	0	0	0,0
Noviembre	0,58	906	0	0,0
Diciembre	0,72	1.041	0	0,0
Total		6.250	85	195,3

Cuadro 7.5. Coeficiente de cultivo y consumo de agua por mes para los ensayos realizados en Pan de Azúcar.

Mes	Kc calculado (promedio)	Demanda calculada (m³ ha⁻¹)	Nº de riegos por mes	Horas riego promedio por evento
Enero	0,74	1.132	13	2,0
Febrero	0,79	889	12	2,0
Marzo	0,73	681	15	2,4
Abril	0,75	553	11	2,4
Mayo	0,46	251	8	2,4
Junio	0,00	0	7	2,5
Julio	0,00	0	3	2,2
Agosto	0,00	0	0	0,0
Septiembre	0,00	0	0	0,0
Octubre	0,00	0	0	0,0
Noviembre	0,55	654	0	0,0
Diciembre	0,63	791	0	0,0
Total		4.950	69	154,9

En la **Figura 7.11** Demanda hídrica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) pepino dulce Cerrillos de Tamaya (izq) y Pan de Azúcar (der), se observa cuanto del consumo de agua de riego, se utiliza realmente por el cultivo ya que existe un 30% de agua que no es utilizada directamente y que bajo ciertas condiciones de manejo, es posible evitar.

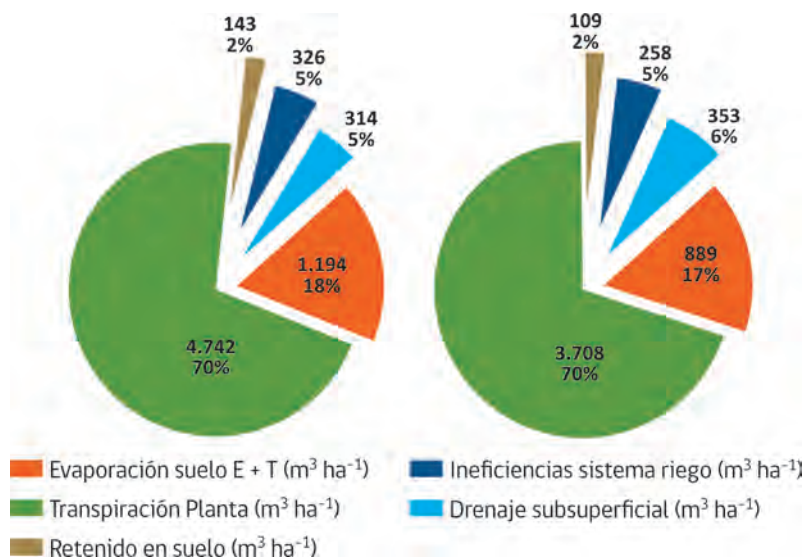


Figura 7.11. Demanda hídrica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) pepino dulce Cerrillos de Tamaya (izquierda) y Pan de Azúcar (derecha).

7.3 Control de salinidad

La salinidad del suelo es consecuencia directa de la calidad del agua de riego utilizada. El efecto salino actúa, en la práctica, disminuyendo la fracción de humedad aprovechable para la planta, ya que aumenta la tensión con la que es retenida el agua en el suelo, haciendo más difícil para el cultivo su extracción. En la práctica se manifiesta de forma similar al estrés hídrico. Lo anterior se graficó en la **Figura 7.12**.

El efecto de la salinidad en el cultivo de pepino dulce se puede ver en la **Figura 7.13**, donde se observa un decaimiento general del vigor de la planta luego de una crecida de río que depositó material aluvial con alta salinidad en el suelo.

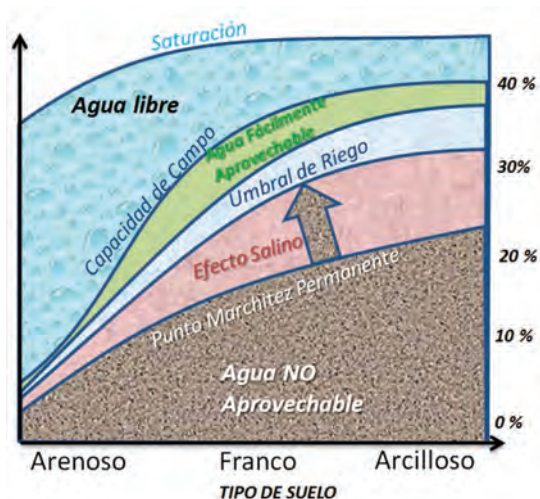


Figura 7.12. Esquema de como la salinidad del suelo actúa estrechando los rangos de humedad aprovechable y fácilmente aprovechable del cultivo. (Fuente Propia).



Figura 7.13. Cultivo de Pepino Dulce afectado negativamente por salinidad del suelo (4,5 dS/m) en localidad de San Pedro, Copiapó.

La calidad del agua de riego está en gran parte asociada a los solutos presentes en ella. Ya sea por efecto osmótico (ψ) en el caso de la salinidad, toxicidades

específicas o disminución de la infiltración de agua en el suelo, los cultivos disminuyen su productividad por diversos mecanismos en proporción a la intensidad del efecto y su tolerancia o adaptación, lo cual se esquematiza en la **Figura 7.14**.



Figura 7.14. Esquematización que representa el límite tolerado por el cultivo de pepino dulce en cuanto a salinidad medida en extracto saturado 2,5:1. Superado este límite, los modelos indican que existe un decaimiento lineal de los rendimientos, que en el caso de pepino dulce se refiere a unidades comercializables.

El efecto salino usualmente se mide como conductividad eléctrica del agua (ECw) o, en el caso del suelo (ECS), se mide en un extracto en pasta saturada. Las unidades usuales son mmhos m^{-1} , $\mu\text{S cm}^{-1}$ o dS m^{-1} . Para monitorear la salinidad del agua de riego se puede hacer uso de sensores móviles o enviar muestras a laboratorios especializados.

Bajo las condiciones de riesgo de salinización imperantes en la región de Coquimbo, es recomendable hacer, el monitoreo de humedad y salinidad de suelo³. Lo anterior resguardando que el frente salino no avance hacia la zona de raíces, el cual, en el caso del riego por goteo, se genera en los bordes del bulbo de mojamiento; lo anterior se visualiza en la **Figura 7.15**.

El mayor riesgo de afectación del cultivo por salinidad ocurre si luego de varios ciclos de riego y fertirrigación, se mueve el frente salino debido a una lluvia de mediana intensidad (10-20 mm), desplazando las sales horizontalmente

³ La salinidad evaluada

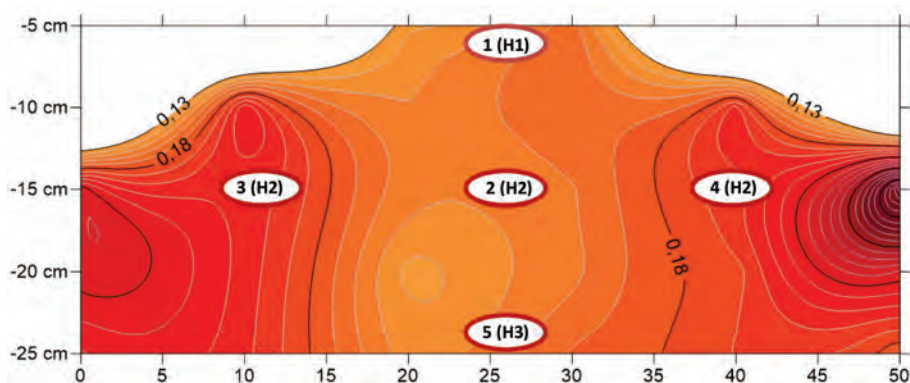


Figura 7.15. Distribución de la salinidad aparente en el perfil del suelo de pepino dulce regado con agua de salinidad de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ en Pan de Azúcar; día 55 desde plantación.

hacia la zona de raíces. En caso de ocurrir esta situación bajo condiciones de alta salinidad, se deben realizar riegos largos (incluso si llueve) para realizar la lixiviación horizontal.

Ensayos realizados en Valencia, España respecto a la salinidad y fertilización sobre distintos híbridos de pepino dulce, mostraron que el efecto osmótico, medido como conductividad eléctrica (C.E.) puede disminuir la producción del pepino dulce, afectando mayormente el peso medio de los frutos y en menor medida el número de frutos, donde una C.E. de $8,0 \text{ dS m}^{-1}$, disminuyó en un 24% la producción respecto a un control de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$.

El umbral anteriormente señalado, de $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ fue también comprobado por Soltekin *et al.* (2012) para una variedad de pepino dulce bajo invernadero, mostrando además que con $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ el decrecimiento en producción alcanzó un 17%; además el experimento también mostró que aumentos graduales de salinidad, generan una mayor tolerancia del cultivo. Otros efectos es un acortamiento de los tallos en torno a un 10%, un retraso de la floración en una semana y un adelanto de la maduración en 9 días (Ruiz y Núñez, 1994). Se determinó que los sólidos solubles pueden aumentar debido a la salinidad en hasta 2°Brix pero en una mínima proporción de los frutos cosechados (12 a 3 %) (Prohens *et al.* 1998). Esta disminución de rendimiento esta asociada a una disminución de la tasa fotosintética (26% a 35%) (Chen *et al.* 1999).

Respecto a la conductividad eléctrica esperada bajo estos manejos de riego, se estima que con agua de riego con una C.E. de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ se obtenga una C.E. en extracto saturado de suelo de entre $0,4$ y $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ en el caso de Pan de Azúcar, con una tendencia a la mayor salinización del horizonte 4 (H4) como receptor del agua de lixiviación de los horizontes superficiales, mientras que el horizonte superficial (H1) presenta la menor salinidad debido al constante lavado, producto de los riegos; los horizontes intermedios (H2 y H3) presentan un promedio de H1 y H4 alojado en los bordes del bulbo de mojamiento (**Figura 7.16**).

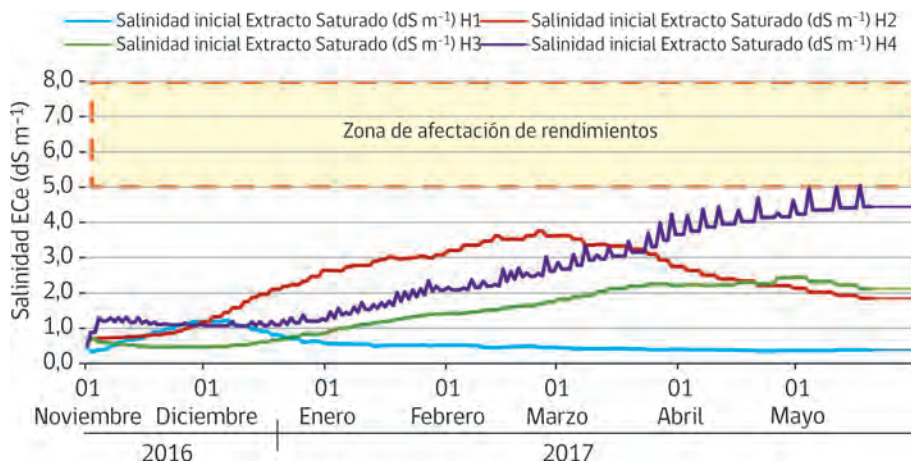


Figura 7.16. Evolución estimada de la salinidad pepino dulce Pan de Azúcar, suelo franco, 6% de fracción de lavado.

En el caso de Cerrillos de Tamaya, se estima que con agua de riego con una C.E. de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ se alcanza una C.E. en extracto saturado del suelo de entre $0,6$ y $6,8 \text{ dS m}^{-1}$, con una tendencia a la mayor salinización del horizonte 2 y 3 (H2 y H3) como receptores del agua de lixiviación del horizonte superficial (H1) y dado que el horizonte inferior (H4) posee una baja conductividad hidráulica (**Figura 7.17**).

Cabe señalar que bajo las condiciones de drenaje de Cerrillos de Tamaya (suelo arcilloso de baja conductividad hidráulica), la fracción de lavado de sales mediante riego es de difícil aplicación, quedando en gran parte supeditada la desalinización a los eventos de lluvias o riegos por inundación que, de no ocurrir en cantidad importante ($> 50 \text{ mm}$), acarrearán problemas de rendimiento para la siguiente temporada.

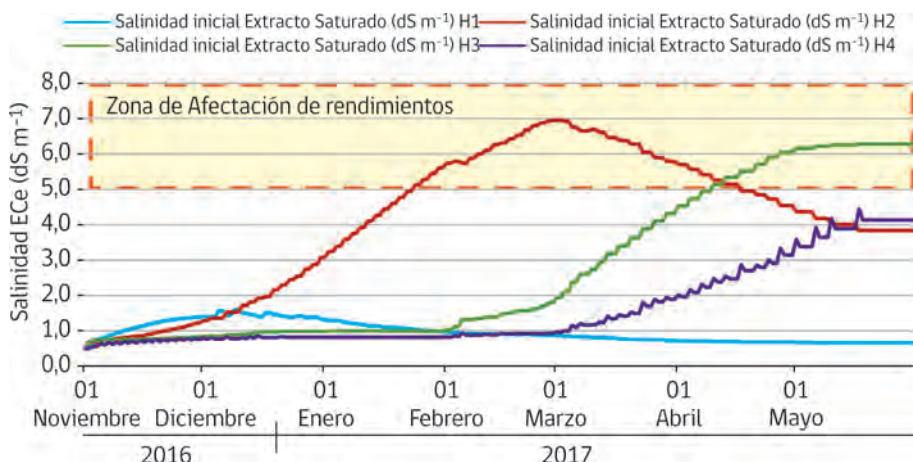


Figura 7.17. Evolución estimada de la salinidad del pepino dulce, Cerrillos de Tamaya. Suelo Arcilloso con problemas de infiltración, 5% de fracción de lavado.

Según la literatura consultada respecto a los umbrales de salinidad, es de esperar un mayor riesgo de disminución de los rendimientos debido a una alta C.E. en los suelos en la localidad de Cerrillos de Tamaya comparado con Pan de Azúcar. Lugar donde la salinidad del horizonte H2 alcanza un máximo cercano a 7,0 dS m⁻¹ dentro de la zona de estrés y disminución de rendimientos. Este efecto se ve disminuido en suelos de mayor capacidad de drenaje, donde las sales pueden ser lixiviadas libremente.

Conclusión

Se puede concluir que el pepino dulce presenta una tolerancia moderada a la salinidad del suelo, requiriendo un riego equivalente al 75% de la ETo para su óptima producción, siendo los rendimientos muy dependientes del número de días al que se somete a estrés el cultivo, por lo que se debe favorecer riegos frecuentes que permitan sostener la humedad de suelo dentro de los umbrales fácilmente aprovechables.

Bibliografía

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Allen, R.G., I.A. Walter, R. Elliott, T.A. Howell, D. Itenfisu, and M.E. Jensen. 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Idaho, Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. 173 p.
- Wösten, J.H.M., Y.A. Pachepsky and W.J. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, 251(3-4):123-150.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, M. Smith, D. Raes and J. L. Wright. 2005. FAO-56 Dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131(1):2-13.
- Calera, A., I. Campos, A. Osann, G. D'Urso and M. Menenti. 2017. Remote sensing for crop water management: From ET modelling to services for the end users. *Sensors*. 11:17(5).
- Colombi, T., N. Kirchgessner, Ch.A. Le Marié, L. Matthew Y., J. P. Lynch and A. Hund. 2015. Nex generation shovelomics: set up a tent and REST. *Plant Soil*, 388(1-2):1-20.
- Chen, K., H. Guoqian and F. Lenz. Effects of NaCl salinity and CO₂ enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.) *Scientia Horticulturae* 81(1):25-41.
- Jensen, M. and R.G. Allen. 2016. Evaporation, Evapotranspiration, and Irrigation Water Requirements. Manuals and Reports on Engineering Practice No.70. Second Edition. Environmental & Water Resources Institute. ASCE. 744 p.
- Pluda, D., H.D. Rabinowitch and U. Kafkafi. 1993. Pepino Dulce (*Solanum muricatum* Ait.) Quality Characteristics Respond to Nitrogen Nutrition and Salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(1):86-91.

- Saxton, K.E. and W. J. Rawls. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. Soil Science Society of America, 70:1569-1578.
- Soltekin, O., Y. Tuzel, G.B. Oztekin and I.H. Tüzel. 2012. Response of pepino (*Solanum muricatum* Aiton) To salinity. Acta Horticulturae, 960(960):425-431.
- Van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44(5):892-898.
- Wösten, J.H.M., A. Lilly, A. Nemes and C. Le Bas. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. Geoderma, 90(3-4):169-185.

Capítulo 8

Insectos y ácaros asociados al cultivo del pepino dulce. Nuevas asociaciones para Chile

Claudio Salas F.

Ing. Agrónomo Dr.

claudio.salas@inia.cl

Carlos Astudillo O.

Ing. Agrónomo

El pepino dulce, corresponde a una especie vegetal rústica adaptada a las condiciones locales de Chile y especialmente de ciertos sectores de la región de Coquimbo. Esta característica, lo hace un cultivo muy atractivo frente al escenario del cambio climático al que nos enfrentamos, en el que se registran sequías prolongadas e incrementos de plagas.

Respecto de los problemas fitosanitarios, el cultivo del pepino dulce, al igual que otras solanáceas, actúa como hospedante de numerosas especies tanto ácaros como insectos. Esta condición de susceptibilidad a plagas se ha incrementado notoriamente durante las últimas temporadas, existiendo hoy en día por parte de los productores de este cultivo, gran dependencia por el uso de insecticidas químico-sintéticos con los consecuentes impactos ambientales y económicos. El incremento de la preferencia de diversas plagas por este cultivo se atribuye a varios factores, entre estos destacan: 1) selección del material vegetativo solo por atributos de calidad de fruta y no por resistencia o tolerancia hacia las plagas, 2) presencia de gran cantidad de tricomas en sus hojas que favorecen el desarrollo de los estadios inmaduros de numerosas plagas y desfavorecen el accionar de enemigos naturales, 3) práctica del monocultivo y/o cultivo en forma conjunta con otras solanáceas, 4) uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, y 5) la arquitectura propia de la planta que forma un “domo” en cuyo interior existen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para el desarrollo de insectos homópteros.

Por ser un cultivo con escasa superficie y por encontrarse muy restringida a nivel regional, existen pocas alternativas de acaricidas/insecticidas autorizados que permiten a los agricultores realizar rotaciones de grupos químicos o modos de acción. Lo anterior ha llevado a los agricultores a que utilicen productos no autorizados para el cultivo pasando por alto de esta forma la legislación vigente, o aplicando el mismo ingrediente activo en aplicaciones consecutivas. Actualmente el escenario fitosanitario del cultivo del pepino dulce es ambientalmente insostenible, requiriendo de la realización de acciones conjuntas entre agricultores, extensionistas y entomólogos para buscar soluciones sustentables, y que vuelvan a hacer del cultivo del pepino dulce, un cultivo rentable ambientalmente.

Una de las principales fallas del manejo de insectos y ácaros plagas, es el desconocimiento de las plagas asociadas a los cultivos, los aspectos biológicos relevantes de cada especie y las alternativas existentes para su manejo. El presente capítulo, expone brevemente estos antecedentes.

8.1 Insectos y ácaros asociados al cultivo del pepino dulce en Chile

Según la literatura actualmente el cultivo del pepino dulce en Chile posee un total de 25 artrópodos asociados (**Cuadro 8.1**). Esta cifra se incrementa a 28 en el presente boletín, ya que, durante las evaluaciones realizadas por los autores, se registró nuevas asociaciones. Del total de especies de artrópodos asociadas al cultivo, 14% corresponden a ácaros fitófagos y 86% a insectos.

Cuadro 8.1. Insectos y ácaros asociados al cultivo de pepino dulce en Chile.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Importancia económica	Cita
Orthoptera	Acrididae	<i>Schistocerca cancellata</i> (Serv.)	Langosta migratoria (saltamontes)	Ocasional	Larraín, 2002
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande)	Trips californiano	Ocasional	Larraín, 2002
		<i>Thrips tabaci</i> (Lindeman)	Trips de la cebolla	Ocasional	Larraín, 2002

Continuación del Cuadro 8.1.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Importancia económica	Cita
Hemiptera	Aleyrodidae	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	Mosquita blanca de los invernaderos	Primaria	Larraín, 2002
		<i>Aleurothrixus floccosus</i> (Maskell)	Mosquita blanca algodonosa	Primaria	Primer registro
		<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	Mosquita blanca del tabaco	Primaria	Primer registro
	Aphididae	<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach)	Pulgón de las solanáceas	Ocasional	Larraín, 2002
		<i>Aphis gossypii</i> (Glover)	Pulgón del algodón	Ocasional	Primer registro
		<i>Macrosiphum solanifolii</i> (Ashm.)	Pulgón de la papa	Primaria	Larraín, 2002
		<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	Pulgón del duraznero	Primaria	Larraín, 2002
	Cicadellidae	<i>Paratanus exitiosus</i> (Beamer)	Langostino de la remolacha	Ocasional	Larraín, 2002
	Pseudococcidae	<i>Phenacoccus solani</i> (Ferris)	Chanchito blanco de los frutales	Secundaria	González, 2011
		<i>Pseudococcus viburni</i> (Signoret)	Chanchito blanco de los frutales	Secundaria	Larraín, 2002
Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Russelliana solanicola</i> (Tuthill)	Psílido de la papa	Primaria	Larraín, 2002
		<i>Trioza chenopodii</i> (Reuter)	Trióximo de la quinua	Ocasional	Larraín, 2002
		<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)	Polilla de la papa	Primaria	Larraín, 2002
		<i>Symmetrischema plaesiosema</i> (Turner)	Polilla de las solanáceas	Primaria	Larraín, 2002
		<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Polilla del tomate	Ocasional	Larraín, 2002

Continuación del Cuadro 8.1.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Importancia económica	Cita
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Agrotis bilitura</i> (Guenée)	Cuncunilla cortadora de la papa	Ocasional	Larraín, 2002
		<i>Copitarsia turbata</i> (Walker)	Cuncunilla de las hortalizas	Ocasional	Larraín, 2002
		<i>Trichoplusia ni</i> (Hübner)	Gusano medidor del repollo	Ocasional	Larraín, 2002
	Sphingidae	<i>Manduca sexta</i> (Johannson)	Gusano del tabaco	Ocasional	Larraín, 2002
Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Bl.)	Mosca minadora de las chacras	Secundaria	Larraín, 2002
	Tephritidae	<i>Rhagoletis nova</i> (Schiner)	Mosca del pepino	Secundaria	Larraín, 2002
Acarina	Eriophyidae	<i>Aculops lycopersici</i> (Masse)	Eriófido del tomate	Primaria	Larraín, 2002
	Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	Ácaro blanco	Primaria	Larraín, 2002
	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	Araña bimaclada	Primaria	Larraín, 2002
	Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus chilensis</i> (Baker)	Falsa araña roja de la Vid	Primaria	Salas <i>et al.</i> 2015

Durante las temporadas 2015/2016 y 2016/2017, se realizaron colectas de material vegetal desde distintos campos presentes en las zonas de Limarí, región de Coquimbo y La Ligua, región de Valparaíso, con la finalidad de determinar la incidencia y severidad de artrópodos plagas, así como también de sus enemigos naturales. De acuerdo con estos muestreos se determinó que las especies más relevantes fueron las que se exponen y detallan a continuación:

8.1.1 Mosquitas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae)

Los estudios realizados por Larraín (2002) no registran como plagas asociadas al cultivo del pepino dulce, a las mosquitas blancas. Esta condición ha cambiado radicalmente siendo en la actualidad la mosquita blanca de los invernaderos

Trialeurodes vaporariorum (Westwood), la principal plaga asociada al cultivo. Se detectó durante las colectas, infestaciones esporádicas por la mosquita blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) en la región de Coquimbo y la mosquita blanca del tabaco *Bemisia tabaci* en la región de Atacama, siendo este el primer registro para esta asociación.

Se expone a continuación, detalles de la mosquita blanca de los invernaderos, especie predominante en el cultivo.

Mosquita blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae)

T. vaporariorum, es una plaga de amplia distribución a nivel mundial, caracterizada por su alta polifagia que la cita con al menos 250 de plantas hospedantes, destacando aquellas de las familias botánicas Solanaceae y Cucurbitaceae. Se ha transformado en los últimos años en el gran problema a controlar para los productores de pepino dulce de las regiones de Coquimbo y Valparaíso, lo cual se ha visto agravado por la baja disponibilidad de insecticidas para su control, situación que dificulta la generación de programas fitosanitarios que alternen reguladores de crecimiento y productos sistémicos. Tanto ninfas como adultos de la mosquita blanca de los invernaderos succionan savia directamente de las plantas, lo cual limita el desarrollo de estas reduciendo severamente los rendimientos. Un daño indirecto asociado a la infestación de esta plaga dice relación con la producción de secreciones azucaradas que favorecen la colonización del complejo de hongos saprófitos conocido como fumagina, infección que produce efectos negativos al reducir la tasa fotosintética y manchar los frutos.

Biología

Cuando recién emergen de los puparios, los adultos (**Figura 8.1, A**) presentan el cuerpo, las patas y antenas de color amarillo, luego de transcurridas un par de horas, adquieren la tonalidad blanquecina que las caracteriza y les da su nombre. Los adultos de mosquita blanca pueden llegar a medir aproximadamente 2 mm de largo, presentando dimorfismo sexual siendo el macho más pequeño que la hembra. Es común ver a los adultos en las horas más frías protegidos en el envés de las hojas. Cada hembra ovipone gran cantidad de huevos, los que dispone de preferencia en el envés de las hojas, protegidos entre los tricomas imposibilitando el accionar de parasitoides como *Encarsia* sp.

Los huevos de mosquita blanca de los invernaderos son lisos (**Figura 8.1, B**), poseen forma oval y el extremo posterior termina en una punta. En promedio miden 0,23 mm de longitud y 0,1 mm de ancho. Las hembras depositan preferentemente los huevos en el envés de las hojas de sus plantas hospedantes. Muchas veces las posturas forman diseños circulares o semi circulares ya que las hembras oviponen con su aparato bucal inserto en el sustrato vegetal.

Cuando los huevos de mosquita blanca eclosionan, las ninfas se movilizan para alimentarse. Este es el único estadio inmaduro del insecto que tiene movimiento, conocido como ninfa migratoria (**Figura 8.1, C**). Las ninfas migratorias tienen forma oval, son translúcidas y presentan un par de manchas amarillas en los costados. Su tamaño es aproximadamente de 0,27 mm de longitud y 0,15 mm de ancho. La duración de este estadio es de 3 días con temperaturas de 25° C.

Las ninfas de segundo y tercer estadio son muy similares (**Figura 8.1, D**), al igual que las ninfas migratorias, son translúcidas, de forma oval. Se diferencian de la



Figura 8.1. Distintos estados de desarrollo de la mosquita blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum*. A) adulto y huevos, B) huevos con embrión maduro, C) ninfa migratoria, D) ninfas II y III, E) pupas

anterior, por haber perdido sus apéndices motrices, encontrándose fijas al sustrato vegetal a través de su aparato bucal. Pueden llegar a medir 0,38 mm de longitud y 0,3 mm de ancho aproximadamente en el caso de las ninfas II y 0,54 mm de longitud y 0,33 mm de ancho en el caso de las ninfas III.

La ninfa de cuarto estadio posee forma oval, plana y casi transparente. A medida que avanza su desarrollo se torna oscura y en ese momento se le da el nombre de pupa (**Figura 8.1, D**). Presenta unos hilos de cera largos y erectos que le son característicos. En las pupas más desarrolladas próximas a emerger los adultos, los ojos se observan con facilidad. Las pupas llegan a medir de 0,73 mm de longitud y 0,45 mm de ancho aproximadamente.

Control biológico

Se cita para Chile, varias especies de microhimenópteros pertenecientes a la familia Aphelinidae agrupados en los géneros *Encarsia* y *Eratmocer*, asociados al control natural de la mosquita blanca de los invernaderos. Estas pequeñas avispas parasitan las ninfas de la mosquita blanca, las cuales adquieren una coloración negruzca característica (**Figura 8.2, A**).



Figura 8.2. Control biológico de la mosquita blanca de los invernaderos. A) Ninfa de mosquita blanca parasitada por *Encarsia* sp. B) Adulto de *Tupiocoris cucurbitaceus* alimentándose de ninfa de mosquita blanca de los invernaderos.

Respecto de los depredadores observados durante las prospecciones de campo, se citan: *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) *Coenosia tenuata* (Diptera: Muscidae), y *Allograpta hortensis* (Diptera: Syrphidae).

Respecto de la disponibilidad de enemigos naturales para la realización de control biológico aumentativo, actualmente en Chile, solo es posible obtener comercialmente las especies *Encarsia formosa*, y el depredador *Tupiocoris cucurbitaceus*, pequeña pero voraz chinche depredadora de la familia Miridae (**Figura 8.2, B**).

Control cultural

Una serie de prácticas agronómicas son necesarias y recomendadas para mitigar las poblaciones de la mosquita blanca de los invernaderos en el cultivo de pepino dulce. Entre estas destaca la realización de una fertilización nitrogenada balanceada, ya que plantas con exceso de nitrógeno tendrán más follaje, favoreciendo sitios de refugio para la mosquita blanca, además de impedir el paso de la luminosidad generando aumentos de la humedad relativa. Se ha comprobado, además, que plantas con exceso de nitrógeno son más susceptibles al ataque por mosquitas blancas y otras plagas, además de favorecer el desarrollo poblacional de éstas por entregar mayor cantidad de aminoácidos.

Otras labores agronómicas o de manejo cultural recomendadas para el manejo de la mosquita blanca son fomentar policultivos, no realizar cultivos simultáneos de pepino dulce y otra solanácea. Eliminar también restos del cultivo anterior de pepino dulce con alta presión de la plaga, enterrándolos o haciendo composteras. Ya que el cultivo del pepino dulce se multiplica vegetativamente, al momento de colectar material vegetal para propagar, hay que revisarlo para evitar la dispersión de la plaga a través de material de propagación infestado.

Control químico

El control químico de la mosquita blanca de los invernaderos debería considerar una secuencia de productos dirigidos al control de ninfas. Por su rápido desarrollo, su capacidad de generar niveles de infestación elevados y por la disposición de las ninfas en el sustrato vegetal, deben realizarse secuencias de aplicaciones de insecticidas reguladores de crecimiento y productos sistémicos.

Los insecticidas reguladores de crecimiento solo actúan sobre los estadios inmaduros de la mosquita blanca (huevo, ninfa y pupa), impidiendo que los individuos

alcancen el estado adulto. Por su parte los productos sistémicos, debido a la capacidad que poseen de translocarse al interior de la planta, pueden alcanzar incluso a aquellas ninfas que se encuentran más protegidas dentro del follaje.

Por desgracia, actualmente existen pocos insecticidas autorizados para el control de esta plaga en el cultivo de pepino dulce. Lo anterior dificulta la implementación de programas fitosanitarios eficaces, ya que no hay disponibilidad de productos del grupo de los reguladores de crecimiento, autorizados para el control de la mosquita blanca en el cultivo del pepino dulce. Además, algunos de estos productos no son compatibles con programas de manejo integrado de plagas.

El **Cuadro 8.2.** expone los insecticidas actualmente autorizados por el SAG para el control de *T. vaporariorum* en el cultivo de pepino dulce.

Cuadro 8.2. Insecticidas recomendados para el control de mosquita blanca en el cultivo del pepino dulce en Chile.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Modo de acción	Clasificación toxicológica
Engeo	Tiametoxam	Neonicotinoide	Sistémico	II Moderadamente peligrosos
	Lambda cihalotrina	Piretroide	Contacto e ingestión	
Grimectin	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	III Poco peligroso
Puzzle SC	Imidacloprid	Neonicotinoide	Sistémico	III Poco peligroso
Romectin 1,8 EC	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	III Poco peligroso

8.1.2 Áfidos o pulgones

De acuerdo con Larraín (2002) tres son las especies de pulgones asociados al cultivo del pepino dulce en Chile: *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Macrosiphum solanifolii* y *Myzus persicae* (Sulzer). Sin embargo, durante las colectas realizadas por los autores, se identificó en el sector de Cerrillos de Tamaya, ejemplares de *Aphys gosypii* infestando el cultivo, siendo este el primer registro de asociación para Chile.

Las especies de pulgones arriba citadas son de importancia para el cultivo cuando se encuentran en altas poblaciones ya que generan gran cantidad de mielecilla, sustancia azucarada excretada por ninfas y adultos, la cual sirve de fuente de sustrato para el establecimiento del complejo hongo saprófito conocido como fumagina el cual cubre hojas causando reducción de la tasa fotosintética y frutos. Niveles de infestación elevados por este y otros áfidos se traduce en fruta con fumagina.

La especie de pulgón predominante en el cultivo del pepino dulce corresponde a *M. persicae* (**Figura 8.3**).



Figura 8.3. Colonias de pulgones asociados al pepino dulce. A) pulgón verde del duraznero *Myzus persicae*, B) pulgón del algodón *Aphis gossypii*.

Biología

Los pulgones asociados al pepino dulce se reproducen de forma partenogenética o asexual en Chile, pudiendo alcanzar numerosas generaciones al año si las condiciones climáticas son adecuadas. Lo anterior es de gran relevancia para tener en cuenta el manejo de la resistencia. De forma general, las ninfas de los pulgones asociados aquí citadas pasan por cuatro estadios de desarrollo, para posteriormente pasar al estadio de hembra áptera. Su color varía dependiendo la especie, así *M. persicae* presenta una coloración verde, amarillo o rosado (**Figura 8.3, A**), así, mientras que *A. gossypii* posee tonalidades oscuras (**Figura 8.3, B**).

La especie predominante *M. persicae* se caracteriza por presentar hembras adultas ápteras de coloración verde pálido, cuerpo aplanado con finas arrugas

dorsales. Presenta una cauda larga caracterizada por poseer tres pares de setas (González, 1989). La hembra adulta alada, presenta en el abdomen una coloración verde amarillenta con una mancha dorsal negra. Cabeza, antenas, tórax, cornículos y cauda son de color negro. Las antenas son más largas que su cuerpo, las caudas son angostas en el medio, provista de tres pares de setas laterales (González, 1989).

Control biológico

Existen numerosos enemigos naturales que ejercen control biológico natural de áfidos en condiciones de campo, entre estos se citan depredadores, parasitoides e incluso hongos entomopatógenos. Los agentes de control mayoritariamente encontrados en los campos de pepino dulce, corresponden a los coccinélidos o chinitas, donde se encuentran especies como *Adalia angulifera* Muls., *Adalia bipunctata* (L), *Adalia deficiens* Muls., *Eriopis connexa* (Germ) e *Hippodamia variegata* Goeze. Junto a estas, durante las colectas de campo, se identificó a la especie *Harmonia axyridis* depredando al pulgón del algodón *Aphis gossypii* (Figura 8.4).

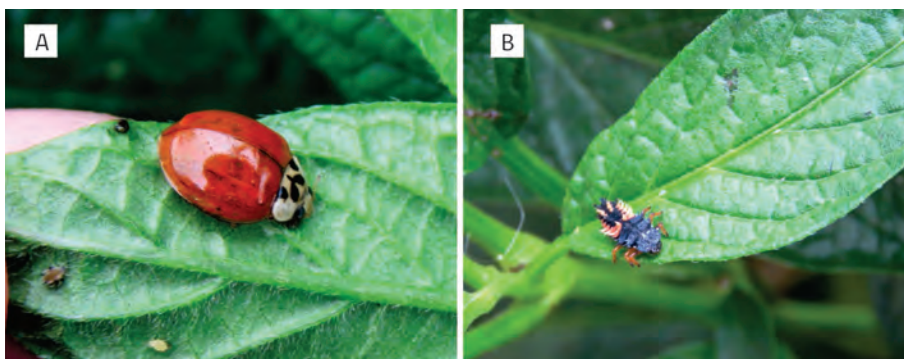


Figura 8.4. Chinita arlequín *Harmonia axyridis*, alimentándose de *Aphis gossypii* en cultivo de pepino dulce. A) Adulto, B) larva.

Otros depredadores importantes de áfidos en Chile corresponden a crisopas y sírfidos. Destacan estos últimos depredadores correspondientes a pequeñas y llamativas moscas cuyas larvas son voraces depredadores de pulgones mientras que los adultos se alimentan de néctar y polen. Se cita como depredadores de las especies de pulgones asociadas al pepino dulce las especies *Allograpta hortensis*, *A. pulchra*, *Toxomerus calceolatus* entre otras.

Además de los depredadores, se registra en campo el control natural ejercido por pequeñas avispas parasitoides que depositan un huevo al interior de un pulgón (**Figura 8.5**). Transcurridos unos días, ocurre la eclosión de las larvas de la avispa al interior del pulgón la cual comienza a alimentarse internamente del pulgón causando su muerte cuya larva comienza a alimentarse del contenido del pulgón causándole su muerte. Se cita las especies *Aphidius colemani* Vier. y *Aphidius ervi* (Hal).

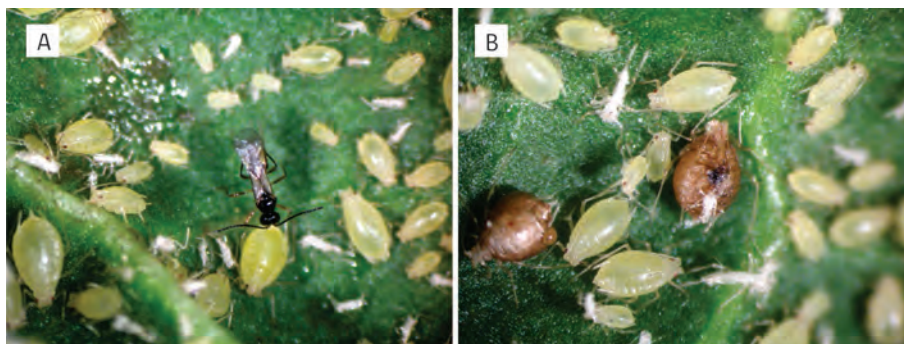


Figura 8.5. A) Avispa en proceso de parasitismo de *M. persicae*. B) al centro se observa a dos pulgones mostrando tonalidad dorada producto del parasitismo.

El control biológico natural de pulgones no solo lo ejercen insectos, también se registran hongos entomopatógenos como por ejemplo la especie *Entomophthora aphidis*, patógenos que infecta la cutícula externa de sus presas, causando su muerte (**Figura 8.6**).

Actualmente los agricultores tienen la posibilidad de adquirir en biofábricas (empresas que masifican y comercializan enemigos naturales) presentes en Chile, depredadores como *Chrysoperla* sp. y parasitoides como *Aphidius ervi*, los cuales en dosis de liberación adecuadas y favoreciendo el paisaje agrícola para su accionar, pueden mantener las poblaciones de pulgones a niveles sin importancia económica.



Figura 8.6. Pulgón infectado por hongo entomopatógeno.

Control cultural

Para mitigar y reducir la incidencia de pulgones, es necesario aplicar una serie de labores culturales en el cultivo del pepino dulce, entre estas, la más importante es el manejo del hábitat a través de la incorporación de flora funcional en el sistema productivo que favorece el control biológico conservativo que ejercen depredadores y parasitoides. Lo anterior se basa en el hecho que en estado adulto, los enemigos naturales requieren de néctar y polen para su mantención. El mantener una fertilización nitrogenada balanceada también reduce el riesgo de infestaciones por pulgones.

Control químico

Actualmente solo existen dos productos comerciales autorizados para el control de algunas de las especies de pulgones arriba citadas en el cultivo del pepino dulce (**Cuadro 8.3**). Por tanto, es fundamental favorecer el control natural que ejercen los enemigos naturales a través de estrategias de control biológico conservativo, ya que el uso reiterado de insecticidas favorece la aparición de resistencia.

Cuadro 8.3. Insecticidas recomendados para el control de mosquita blanca en el cultivo del pepino dulce en Chile.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Modo de acción	Clasificación toxicológica
Engeo 247 ZC	Tiametoxam	Neonicotinoide	Sistémico	II Moderadamente peligrosos
	Lambda cihalotrina	Piretroide	Contacto e ingestión	
Puzzle SC	Imidacloprid	Neonicotinoide	Sistémico	III Poco peligroso

8.1.3 Polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)

La polilla de la papa es una especie que tiene como hospedantes solo a solanáceas, familia botánica donde se encuentran además del pepino dulce, la papa, el tomate y algunas especies silvestres como el tomatillo. Se considera una plaga

con importancia primaria en el cultivo del pepino dulce ya que sus larvas forman galerías en las hojas (**Figura 8.7**), provocando debilitamiento y principalmente favoreciendo el ingreso de hongos.



Figura 8.7. Folíolos de pepino dulce con hoja dañada por larva de polilla de la papa.

Descripción y Biología

Los adultos de la polilla de la papa presentan cuerpos angostos y tamaño pequeño que varía entre los 5 y 10 mm de largo. Su coloración es parda con pequeñas franjas negras en las alas (**Figura 8.8, A**). Son de hábitos crepusculares o nocturnos siendo observados durante el día en el envés de las hojas del pepino dulce. La hembra puede llegar a oviponer hasta 150 huevos, los cuales deposita en grupos sobre el follaje o de forma aislada prefiriendo como sitios de deposición de los huevos, los brotes apicales cuyas hojas son más tiernas permitiendo la alimentación de las larvas neonatas (**Figura 8.8, B**). El tamaño de los huevos oscila entre los 0,5 a 0,7 mm. Son de color amarillo cremoso apenas son puestos por las hembras, pero a medida que va pasando el tiempo se van tornando más oscuros como consecuencia del desarrollo embrionario y la aparición de la cápsula céfálica (Larraín, 2003). Las larvas de *P. operculella* atraviesan por cuatro estadios de desarrollo variando en tamaño cada uno de ellos. Son de color verde pálido y cuando están a punto de pupar, adquieren una coloración gris-rosado (Larraín,

2003) (Figura 8.8, C). Una vez completado el desarrollo larvario, la larva deja de alimentarse y comienza a pupar. La pupa mide entre 5 a 8 mm de longitud y posee un color café claro brillante (Figura 8.8, D).



Figura 8.8. Distintos estados de desarrollo de la polilla de la papa. A) adulto, B) huevo, C) larva y D) pupa.

Control biológico

Son pocos los reportes en nuestro país de enemigos naturales asociados a la polilla de la papa, menos aún asociados al cultivo del pepino dulce. Prado (1991), cita cinco especies de parasitoides asociados a esta plaga, dos de ellos corresponden a parasitoides de huevos, los micro himenópteros *Encarsia porteri* (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Estas pequeñas avispas caminan sobre las hojas en busca de huevos de la polilla de la papa y depositan uno o varios huevos en el interior de este. Tan solo unas pocas horas después emergen diminutas larvas que se alimentan de las sustancias nutritivas almacenadas al interior del huevo de la polilla. Este mismo autor cita los parasitoides de larvas *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae),

Dineulophis phthorimaeae (Hymenoptera: Eulophidae) y *Copidosoma desantisi* (Hymenoptera: Encyrtidae). Las larvas de estas avispas se alimentan internamente de la larva de la polilla causando finalmente su muerte.

Durante las evaluaciones de campo se registró en el sector Cerrillos de Tamaya, larvas de polilla de la papa parasitadas por *C. desantisi* (**Figura 8.9**). De algunas de las larvas parasitadas se obtuvo hasta cuarenta avispas.



Figura 8.9. A) Larvas de polilla de la papa parasitadas por *C. desantisi*, B) detalle de pupas de *C. desantisi* al interior de larva de polilla de la papa.

Debido al eficiente control registrado en condiciones de campo por la avispa parasitoide *C. desantisi* debe ser conservada realizando un manejo adecuado del entorno y realizando monitoreos periódicos para determinar el nivel de parasitismo. El desconocimiento por parte de agricultores y técnicos, de la acción parasítica de esta pequeña pero eficiente avispa, lleva a aplicaciones de insecticidas aun cuando más del 50% de las larvas ya se encuentran muertas por la acción de este parasitoide. Actualmente no existen en Chile, empresas de control biológico que comercialicen enemigos naturales de esta plaga.

Control cultural

Las labores agronómicas orientadas a mitigar las poblaciones de la polilla de la papa no difieren de las citadas para otras plagas aquí tratadas. La más importante de estas labores, corresponde a evitar la presencia de malezas hospedantes de la familia Solanaceae. Asimismo, es importante inmediatamente después de culminado el cultivo, retirar del campo las plantas para evitar el desarrollo poblacional de la polilla de la papa.

Control químico

Actualmente existen solo dos productos autorizados por el SAG para el control de esta plaga en el cultivo del pepino dulce (**Cuadro 8.4**). Si bien no existen umbrales de acción establecidos para el control de la polilla de la papa en el pepino dulce, se propone la aplicación de los productos listados en el **Cuadro 8.4**, solo cuando se registren dos larvas vivas por hoja de un total de 10 plantas muestreadas. Lo anterior puede aumentar a tres si se registra presencia de larvas parasitadas por *C. desantisii*.

Cuadro 8.4. Insecticidas autorizados para el control de polilla de la papa en el cultivo de pepino dulce.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Modo de acción	Clasificación toxicológica
Bull	Gamma-Cihalotrina	Piretroide	Contacto e ingestión	IV Producto que normalmente no ofrece peligro
Engeo	Tiametoxam	Neonicotinoide	Sistémico	II Moderadamente peligrosos
	Lambda cihalotrina	Piretroide	Contacto e ingestión	

Debido el bajo número de productos, se debe tomar los resguardos al momento de aplicar para reducir el riesgo de la aparición de resistencia, por tanto, no deben realizarse aplicaciones consecutivas del mismo ingrediente activo, se debe bajar el pH del agua de mezcla, realizar un buen cubrimiento y utilizar solo las dosis recomendadas por el fabricante.

8.1.4. Polilla de las solanáceas *Symmetrischema tangolias* Gyen (Lepidoptera: Gelechiidae)

Se trata de una pequeña polilla, de aspecto similar a la polilla de la papa. Además del pepino dulce, tiene como hospedantes a papa, tomate, ají, berenjena y plantas silvestres como el tomatillo. Se comporta como plaga secundaria pasando la mayor parte del tiempo ausente en el cultivo. Muchas veces es confundida con la polilla de la papa, siendo controlada por los programas fitosanitarios orientados a la polilla de la papa. Es una plaga principalmente de verano, registrándose infestación desde fines de primavera hasta principios de otoño.

Descripción y Biología

La principal característica distintiva de esta especie en estado adulto, corresponde a las manchas triangulares que presenta en el primer par de alas (**Figura 8.10**). Estas manchas permiten distinguirla de la polilla de la papa. El segundo par de alas, se caracteriza por los numerosos filamentos dispuestos en su borde.



Figura 8.10. Vista dorsal polilla de las solanáceas, nótese las manchas triangulares en el borde de las alas.

Los huevos miden aproximadamente 0,3 mm de diámetro y poseen una coloración blanco-cremosa muy similar al huevo de la polilla de la papa. Después de un par de días, desde el huevo eclosiona una pequeña larva que busca rápidamente sitios de alimentación. La larva atraviesa por cinco estadios incrementando su tamaño a medida que avanza en desarrollo. Posee una coloración caracterizada por franjas rojizas dispuestas sobre el dorso (lateralmente sobre una coloración crema/verdosa, más intensa hacia la zona del abdomen). Es en este estado de desarrollo que causa daños al cultivo del pepino dulce al alimentarse de tejido vegetal al interior del tallo (**Figura 8.11**) o directamente en frutos. En este último tipo, favorece el ingreso de hongos.



Figura 8.11. Larva de polilla de las solanáceas al interior de tallo de pepino dulce.

Una vez completado los cinco estados larvarios, la larva deja de alimentarse antes de alcanzar el estado de pupa el cual ocurre dentro de las galerías de alimentación en tallos.

Control biológico

No existe en Chile, estudios de agentes de control natural de *S. tangolias*. Cañedo *et al.* (2018), citan a *Apanteles subandinus* (Hymenoptera: Braconidae) como parasitoide de larvas, sin embargo, es muy probable que parasitoides asociados a *P. operculella* ejerzan también control sobre esta plaga. Actualmente no existen en Chile, empresas de control biológico que comercialicen enemigos naturales de esta plaga.

Control cultural

Las labores agronómicas citadas para la mitigación de poblaciones de la polilla de la papa se pueden aplicar para esta plaga, dando énfasis en favorecer el control biológico conservativo ejercido por parasitoides.

Control químico

No existen productos autorizados por el SAG para el control de *S. tangolias* en el cultivo del pepino dulce. Los programas fitosanitarios con insecticidas químicos-sintéticos ejercerán secundariamente control sobre esta plaga.

8.1.5 Psílido de la papa *Russelliana solanicola* (Tuthill), (Hemiptera: Psyllidae)

Los sílidos o psílidos, son insectos pequeños de apariencia similar a pulgones. Además de ser buenos voladores, tienen la capacidad de realizar rápidos saltos combinando ambas destrezas al momento de movilizarse en sus hospedantes. En la región de Coquimbo este insecto se ha encontrado principalmente en el cultivo de papa en la época estival, pero en poblaciones muy bajas. Se ha detectado también en el cultivo del pepino dulce en las últimas temporadas, pero sin mayores incidencias.

Descripción y Biología

R. solanicola mide cerca de 1,5 mm de largo en estado adulto, su cuerpo posee tonalidades castañas con tonalidades amarillas y franjas distintivas en el tórax. Los adultos poseen alas dispuestas en forma de techo durante su reposo (**Figura 8.12, B**). La hembra deposita sus huevos en grupo de 4-6 en la base de las hojas o en las nervaduras. Los huevos son en un comienzo blanquecinos, color que va cambiando a naranja en la medida que el embrión se desarrolla. Transcurridos un par de días desde la oviposición, eclosionan las ninfas las que se trasladan rápidamente hacia los sitios de alimentación. Durante su desarrollo atraviesa por cinco estadios ninfales. Se diferencian las ninfas de los adultos, por la ausencia de alas (**Figura 8.12, A**). Ninfas y adultos de *R. solanicola* se

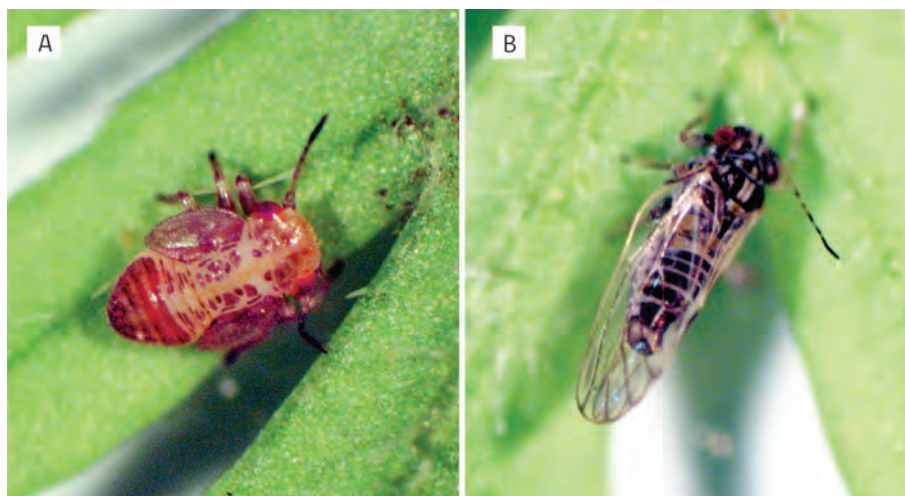


Figura 8.12. Ninfa (A) y Adulto psílido.

alimentan succionando savia de las plantas ya que poseen un aparato bucal picador-chupador. Una vez que realizan esta acción estos insectos manchan con deposiciones blanquecinas la superficie foliar, favoreciendo la colonización por el complejo de hongos conocido como fumagina. También al igual que los áfidos es capaz de transmitir virus.

Control biológico

En Chile no hay registros de enemigos naturales asociados a este insecto. Sin embargo, en países vecinos como Perú, se citan como agentes de control biológico las especies de coccinélidos *Hippodamia convergens* y *Eriopis* spp, (Cañedo *et al.* 2011), los cuales se alimentan de huevos y ninfas. Ambas especies de coccinélidos presentes en nuestro país.

Control cultural

Mantener una fertilización nitrogenada balanceada es fundamental para reducir el riesgo de infestaciones por *R. solanicola*.

Control químico

Actualmente no existen insecticidas autorizados para el control de esta especie en el cultivo de pepino dulce.

8.1.6 Ácaro blanco, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), (Acari: Tarsonemidae)

Corresponde a un ácaro cuya principal característica es ser altamente polífago teniendo entre sus hospedantes plantas cultivadas o no. Su pequeño tamaño y su elevada polifagia dificulta su control. Asimismo, en la principal zona productora de pepino dulce de la región de Coquimbo, Cerrillos de Tamaya, es una práctica habitual cultivos simultáneos de pimiento y pepino dulce, favoreciendo el desarrollo de este ácaro ya que ambos cultivos actúan como hospedantes.

Descripción y Biología

Este ácaro, se caracteriza por presentar un tamaño tan pequeño (0,15 - 0,3 mm) que impide detectarlos a simple vista. Cuando son adultos presentan una forma oval donde los machos y hembras son de color blanco brillante semitransparentes.

Presenta dimorfismo sexual siendo el macho ligeramente más pequeño que la hembra y medianamente comprimido lateralmente, con patas traseras bien desarrolladas utilizadas para levantar y transportar la ninfa hembra sobre su cuerpo hacia las hojas nuevas (**Figura 8.13, A**). El ciclo biológico es corto y se puede completar al cabo de una semana, donde cada hembra puede depositar entre 30 y 70 huevos en el envés de la hoja. Los huevos se caracterizan por ser translúcidos, elípticos con varias punturas blancuecinas (**Figura 8.13, B**).

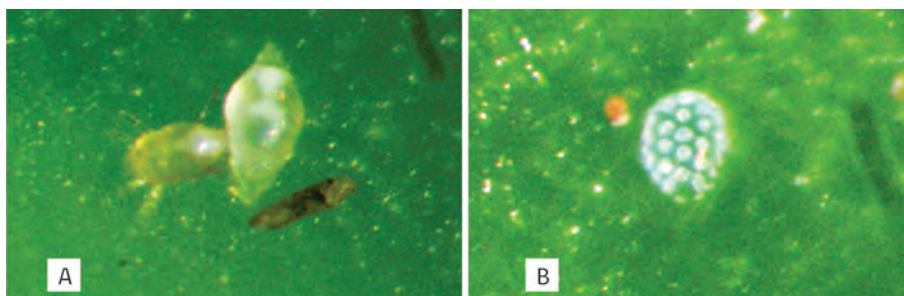


Figura 8.13. Distintos estados de *Polyphagotarsonemus latus*. A) Macho trasladando a hembra, B) huevo.

El daño de *P. latus* lo ocasionan tanto ninfas como adultos. En pepino dulce, Larraín *et al.* (1992) indican que el daño se caracteriza por la formación de un tejido café corchoso en el envés de las hojas, además de generar necrosis de la lámina foliar. Estos mismos autores señalan también la formación de hojas acucharadas, con sus bordes doblados hacia el interior.

Control biológico

A nivel mundial se cita numerosos enemigos naturales depredando *P. latus* especialmente ácaros fitoseidos (Acari: Phytoseidae), sin embargo, no existen en Chile estudios al respecto. Actualmente no existen en Chile, empresas de control biológico que comercialicen enemigos naturales de esta plaga.

Control cultural

Uno de los puntos críticos del manejo de *P. latus*, corresponde a la infestación a través de estacas de propagación vegetativa. Antes de, o después de retirar las estacas desde las plantas madre, debe evaluarse con ayuda de una lupa de un aumento superior a 30x, la presencia de la plaga en el material a propagar,

especialmente en yemas y grietas de la madera. De encontrar presencia del ácaro en las estacas, se deberá realizar aplicaciones de acaricidas con la finalidad de eliminar las poblaciones de *P. latus* antes de llevar a campo.

Control químico

Se expone en el **Cuadro 8.5**, el único acaricida autorizado por el SAG, para el control de *Polyphagotarsonemus latus* en el cultivo de pepino dulce.

Cuadro 8.5. Acaricidas autorizados para el control del ácaro blanco en el cultivo de pepino dulce.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Modo de acción	Clasificación toxicológica
Acaban 050 SC	Fenproxiato	Fenoxipirazoles	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso

8.1.7 Arañita bimaclada *Tetranychus urticae* (Koch)
(Acarina: Tetranychidae)

Es un ácaro cosmopolita y altamente polífago de amplia distribución en Chile, se encuentra asociado a frutales, hortalizas, también en plantas forrajeras, ornamentales y malezas de las familias botánicas *Convolvulaceae*, *Malvaceae* por nombrar algunas.

Descripción y Biología

Las hembras adultas miden aproximadamente 0,45 mm y son de color verdoso a ámbar. Presentan dos manchas oscuras en la mitad del dorso (**Figura 8.14**, Colonia de arañita bimaclada). Los machos son similares a las hembras, pero de menor tamaño y con el extremo posterior del cuerpo aguzado evidenciando dimorfismo sexual (**Figura 8.14**). Machos y hembras presentan cerdas blanquecinas. Los huevos de la arañita bimaclada son esféricos, de coloración blanquecina y de aspecto brillante. Transcurridos tres días desde la oviposición, eclosionan desde ellos las ninfas caracterizadas por poseer en este estado solo tres pares de patas. Luego pasa a los estados ninfales de proto y deutoninfa, de características morfológicas similares a los adultos, pero de menor tamaño.



Figura 8.14. Colonia de arañita bimaclada.

El daño de *T. urticae* es producido por ninfas y adultos afectando tanto al follaje como a los frutos. Perfora las hojas a través de su aparato bucal picador-chupador, succionando la savia y provocando pequeñas áreas cloróticas, incluso cuando se encuentran en gran cantidad produce necrosis en hojas lo que lleva a una defoliación anticipada, como también deposición de telas sedosas en las hojas y frutos (González, 1989).

Control biológico

Existen numerosos enemigos naturales que ejercen control biológico natural de la arañita bimaclada en condiciones de campo, entre estos se citan insectos y ácaros depredadores. Entre los insectos depredadores se citan trips (*Scolothrips* sp), coleópteros (*Stethorus histrio*) (*Oligota pygmaea*). Mientras que en los ácaros destacan los fitoseidos (*Euseius fructicolus*, *Galendromus occidentalis*, *Neoseiulus californicus*, *Phytoseius decoratus*) (**Figura 8.15**).



Figura 8.15. Diferentes depredadores de la araña bimaclada. A) *Oligota pygmaea*, B) *Scolothrips* sp. C) Larva de *O. pygmaea*, D) Fitoseido, y E) *Stethorus histrio*.

Control cultural

Algunas prácticas agronómicas recomendadas para mitigar las poblaciones de la araña bimaclada son mantener una balanceada fertilización nitrogenada y buen riego en las plantas, para evitar que estas tengan periodos de estrés. Plantas de pepino dulce sobre fertilizadas o con estrés hídrico serán más susceptibles al ataque por este y otros ácaros. Por ser una especie altamente polífaga puede desarrollarse en vegetación natural, principalmente en algunas malezas como correhuela y malva. Estos hospedantes deben ser rápidamente eliminados del cultivo.

Control químico

Se expone a continuación los acaricidas autorizados por el SAG para el control de esta araña en el pepino dulce (**Cuadro 8.6**).

Cuadro 8.6. Acaricidas autorizados para el control de la araña bimaclada en el cultivo de pepino dulce.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Modo de acción	Clasificación toxicológica
Acaban 050 SC	Fenpiroximato	Fenoxipirazoles	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso
Abamectin 1,8 EC	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso
Grimectin	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso
Romectin 1,8 EC	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso
Vertimec 018 EC	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso

8.1.8 Eriófido del tomate *Aculops lycopersici* (Masse), (Acarina: Eriophyidae)

Corresponde a un microácaro, de gran dificultad para ver a simple vista. Uno de los grandes problemas de este eriófido en los cultivos que ataca, es que sus síntomas suelen confundirse con el de enfermedades (Estay, 2017).

Descripción y Biología

Las hembras adultas poseen un cuerpo alargado fusiforme de tan solo 0,16 a 0,18 mm y coloración amarillo anaranjado. Por su parte, los machos son de menor tamaño que las hembras (González, 1989). Los huevos son esféricos y transparentes. Son dispuestos por las hembras en el envés de las hojas y miden sólo 50 micras de diámetro (Estay, 2017). Los estados inmaduros de este ácaro son de apariencia similar al adulto solo que de menor tamaño. Se citan dos mudas para este estado (**Figura 8.16**).

A. lycopersici, se moviliza por el follaje de las plantas y cuando realiza ataques muy severos llega a producir la muerte de la planta. Con temperaturas muy altas puede llegar a dañar los frutos de las plantas produciendo russet, aunque en nuestro país no hay información de ataques en frutos de este eriófido.

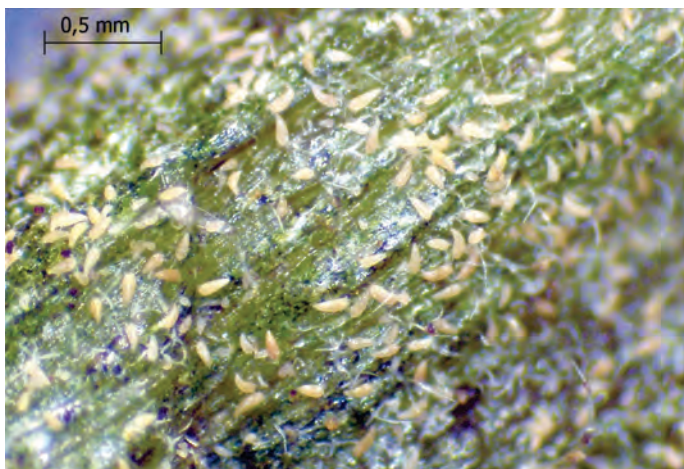


Figura 8.16. Colonia de eriófido *Aculops lycopersici*.

Control biológico

La información de controladores biológicos para este eriófido es muy limitada. Ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae, es lo único mencionado, sin embargo, se desconoce la capacidad para mantener las poblaciones en Chile (Estay, 2017).

Control cultural

Se debe tener los mismos cuidados que los citados para el ácaro blanco.

Control químico

Se expone a continuación los productos autorizados por el SAG para el control de *A. lycopersici* en el cultivo de pepino dulce (**Cuadro 8.7**).

Cuadro 8.7. Lista de plaguicidas recomendados actualmente para Pepino Dulce en Chile.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Modo de acción	Clasificación toxicológica
Grimectin	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso
Romectin 1,8 EC	Abamectina	Avermectinas	Contacto e ingestión	II moderadamente peligroso

Bibliografía

- Cañedo, V., A. Alfaro and J. Kroschel. 2011. Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 48 p.
- Estay, P. 2017. Ácaro del bronceado del tomate. 2 p. Ficha Técnica N°42. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina.
- González, R. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile, 310 p.
- Larraín, P. 1992. Incidencia de insectos y ácaros plagas en pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) cultivado en la IV región, Chile. Agricultura Técnica. 62(1):15-26.
- Larraín, P., L. Peralta y C. Quiroz. 1992. Presencia del ácaro blanco, *Polyphagotarsonemus latus*, en Pepino Dulce (*Solanum muricatum* Ait.) en Chile. Agricultura Técnica 52(3):338-341.
- Larraín, P. (ed.). 2003. Plagas de la papa y su manejo. 110 p. Colección Libros INIA N°9. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Intihuasi. La Serena, Chile.
- Prado, E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. 207 p. Boletín Técnico N°169. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina, Santiago, Chile.
- Salas, C.; C. Contreras, C. Quiroz, C. Jana. 2015. Primer registro de *Brevipalpus chilensis* Baker en pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton) en Chile. 66 Congreso Agronómico SACH y 13° SOCHIFRUT, 17 al 20 de noviembre de 2015, Valdivia, Chile.

Capítulo 9

Enfermedades causadas por virus que afectan el cultivo del pepino dulce

Mónica Madariaga V.

Dra. en Ciencias Silvoagropecuarias
mmadariaga@inia.cl

Andrea Molina D.

Ing. Químico

Los virus son agentes infecciosos visibles solo bajo microscopio electrónico. Su estructura se compone de un ácido nucleico y una cubierta proteica. Los virus carecen de metabolismo propio, por lo cual dependen de la maquinaria celular para poder replicarse y cumplir el proceso infeccioso, situación que permite clasificarlos como parásitos obligados. Por lo mismo, rara vez un virus es causante de la muerte de una planta. Los virus infectan células animales, vegetales y bacterias causando enfermedades que se manifiestan mediante síntomas. En el caso de las especies vegetales los síntomas se manifiestan en diversos órganos como hojas, frutos, flores o afectando la planta completa. Las sintomatologías más comunes que se observan a causa de las infecciones virales son: mosaicos, clorosis, amarilleces, necrosis, abarquillamiento y enrollamiento de hojas, deformación de frutos, anillos cloróticos, disminución de calibre de la fruta, variegado de flores y enanismo de plantas. Todos estos efectos se traducen en importantes pérdidas económicas especialmente si la sintomatología se manifiesta en la estructura comercial de la planta.

9.1 Transmisión de los virus

Los virus no son activos fuera de sus hospederos, por lo tanto, la gran mayoría de ellos requiere de otros organismos vivos llamados vectores para moverse de un hospedero a otro. Los virus también aprovechan el modo de reproducción sexual o asexual del hospedero para perpetuarse en el tiempo. Algunos virus se transmi-

ten mecánicamente como el caso del Virus del mosaico del tabaco (TMV), Virus del mosaico del tomate (ToMV) y el virus del mosaico del pepino dulce (PepMV), los cuales son transmitidos a través de las labores culturales. Las principales formas de transmisión de los virus son: propagación vegetativa, semilla, polen y vectores. Entre estos modos de transmisión, la transmisión por semilla es la que juega el rol más importante en la epidemiología, pues permite que el virus se perpetúe en el tiempo y se disemine a largas distancias. Los porcentajes de transmisión por semilla varían de acuerdo a una serie de factores como edad de la planta, cultivar, diferentes aislados de un mismo virus y condiciones ambientales. Los porcentajes de transmisión por semilla pueden ser considerados como despreciables cuando son cercanos al 5%, o determinantes en la epidemiología de la enfermedad, cuando son iguales o superiores al 60%. Para que ocurra la transmisión por semilla, no basta con la presencia del virus en la cubierta de la semilla, sino que debe llegar al embrión.

La transmisión por vectores es también muy importante. Los vectores de virus pueden ser nemátodos, hongos, ciertos artrópodos herbívoros e insectos como áfidos, mosquitas blancas, trips, chanchitos blancos (Pseudococcidos) y conchuelas (Coccidos), siendo la transmisión por insecto la más significativa debido a que los virus de mayor impacto económico son transmitidos de este modo, además hay una gran cantidad de familias y géneros de insectos involucrados en la transmisión de virus. La transmisión de virus por insectos, obedece a una interacción virus-vector que es altamente específica, pues existe una interacción a nivel molecular entre ciertas proteínas del virus y otras del vector. La transmisión de virus por insectos, se ha clasificado en tres tipos:

- Transmisión-no persistente
- Transmisión semi-persistente
- Transmisión persistente la cual puede ser circulativa o propagativa.

Cada tipo de transmisión tiene ciertas características relacionadas con el tiempo de adquisición del virus por parte del vector (tiempo de alimentación requerido por el insecto para adquirir el virus), tiempo de latencia (tiempo de incubación que debe transcurrir entre la adquisición del virus por parte del insecto y la capacidad de transmitirlo), tiempo de retención (tiempo que permanece virulífero el insecto) y la capacidad del virus de replicarse en el vector. En el **Cuadro 9.1**, se muestra el tipo de transmisión asociado a cada uno de los parámetros recientemente descritos.

Cuadro 9.1. Tipos de transmisión de virus mediante insecto y sus características.

Tipo de transmisión	Tiempo de			Multiplicación del virus en el vector	Ejemplo
	Adquisición	Latencia	Retención		
No persistente	Segundos a minutos	No	Minutos	No	Pulgones
Semi persistente	Minutos a horas	No	Horas a días	No	Pulgones
Persistente circulativa	Horas	Si	Días a meses	No	Pulgones, Mosquita blanca
Persistente propagativa	Horas	Si	Toda la vida del insecto	Si	Trips

La transmisión de virus también se clasifica de acuerdo a la forma en que el virus llega desde un hospedero a otro, la cual puede ser transmisión vertical u horizontal:

- **Transmisión Vertical o Ruta Interna:** En este caso el virus es heredado de una progenie a otra, ya sea mediante reproducción sexual (transmisión por semillas), o asexual (propagación vegetativa: tubérculos, rizomas, polen, otra).
- **Transmisión Horizontal o Ruta Externa:** En este tipo de transmisión, el virus proviene de otra planta y para ello necesita de un agente o vector que lo traslade de un hospedero a otro.

Para que se produzca una enfermedad causada por virus en un cultivo sano, el primer paso es la infección de una célula del hospedero. El virus penetra a una célula a través de una herida causada mecánicamente o mediante un vector. Inmediatamente después que el virus ha ingresado a la célula, este procede a replicarse y a moverse célula a célula a través de los plasmodesmos hasta alcanzar el sistema vascular por el cual se mueve sistémicamente. Esta planta infectada actúa como fuente de inóculo para que los vectores puedan diseminar el virus en el cultivo y generar la enfermedad. Por otro lado, esta planta podrá heredar la infección a la generación siguiente mediante semilla o por propagación vegetativa dependiendo del virus.

9.2 Virus que afectan el cultivo del pepino dulce

El pepino dulce se ve afectado por una serie de virus (descritos en la sección 9.4 de este capítulo), algunos de los cuales afectan sólo a las solanáceas, mientras que otros son polífagos. Las enfermedades causadas por virus tienen generalmente una alta incidencia en cultivos cuya propagación es vegetativa, como es el caso del pepino dulce, ya que se facilita la transmisión desde una generación a otra pudiendo llegar a un 100%. La literatura reporta la presencia de a lo menos 7 virus afectando el cultivo: *Tomato mosaic virus*, ToMV (Prohens *et al.* 1998), *Pepino mosaic virus*, PepMV (Jones *et al.* 1980), *Cucumber mosaic virus*, CMV (Honda y cols. 1986), *Alfalfa mosaic virus*, AMV (Honda y cols. 1986), *Potato virus S*, PVS (Thomas, 1980; Dolby CA, Jones RAC, 1988), *Potato virus M*, PVM (Zheng H. y cols., 2003) y *Potato virus H*, PVH (Abouelnasr, H. y cols. 2014). Para los mejoradores de esta especie, sólo ToMV y PepMV tienen una real importancia (Prohens *et al.* 1998, Pérez-Benlloch *et al.* 2001). Por otro lado, no es extraño determinar en el cultivo del pepino dulce ciertos virus que se encuentran ampliamente distribuidos en el cultivo de las solanáceas como por ejemplo: *Tobacco mosaic virus*, TMV, *Tomato spotted wilt virus*, TSWV, *Potato virus X*, PVX, *Potato virus Y*, PVY, *Potato leaf roll virus*, PLRV.

Otro fitopatógeno que afecta el cultivo del pepino dulce es *Potato spindle tuber viroid*, el cual es el agente causal de una enfermedad en papa con grandes implicancias comerciales. Los viroides, a diferencia de los virus, no consideran una envoltura proteica en su estructura, siendo solo un RNA circular de entre 356 a 360 nt. Este viroide, ha sido determinado en varias regiones del mundo (Mertelik *et al.* 2010; Puchta *et al.* 1990; Shamloul *et al.* 1997), entre ellas en Chile (Shamloul *et al.* 1997). Sin embargo, no se ha vuelto a determinar en el territorio nacional por lo cual es considerado una enfermedad ausente.

9.3 Determinación de virus en muestras de pepino dulce provenientes de la región de Coquimbo

La gran mayoría de los virus y viroides aquí mencionados, están presentes en Chile en diferentes cultivos, a excepción del virus H de la papa. En el laboratorio de virología de INIA La Platina se han realizado estudios incipientes respecto de la presencia de virus en el cultivo del pepino dulce (datos no publicados). Para ello se colectaron muestras desde plantas que manifestaban síntomas asociados

a enfermedades causadas por virus en un predio en la localidad de Cerrillos en la región de Coquimbo (**Figura 9.1**) y muestras de plantas de pepino que conforman una colección que mantiene INIA Intihuasi, las cuales no manifestaban sintomatología asociada a virus.



Figura 9.1. Síntoma de aclaramiento de nervadura principal y secundaria asociado a virus en pepino dulce.

9.3.1 Metodología

Las muestras fueron analizadas mediante RT-PCR y ELISA. Para el caso de la prueba RT-PCR, se realizó una extracción de RNA utilizando Trizol y siguiendo las instrucciones del fabricante, a cada muestra. La concentración del RNA extraído se determinó mediante espectrofotometría y se utilizó 3 µg como templado para las reacciones de transcripción reversa en las cuales se utilizó random primers y transcriptasa reversa M-MLV (Promega, Madison, WI, USA) de acuerdo al protocolo del fabricante. Posteriormente se realizaron reacciones de amplificación de una región del genoma de cada virus utilizando partidores específicos (**Cuadro 9.2**). La calidad de la extracción de RNA de las muestras se determinó mediante PCR del gen universal 18S, descartando de este modo falsos positivos. Para el caso de la Prueba ELISA-DAS se trabajó con anticuerpos específicos para cada virus marca Bioreba AG, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Cuadro 9.2. Secuencia de partidores y tamaño esperado de los productos para cada par de partidores utilizados en la amplificación de los fragmentos del genoma de 10 especies virales y 1 viroide.

Id virus	Partidores	Tamaño del fragmento amplificado	Referencia bibliográfica
Potato virus Y (PVY)	PVY-F: atactcgrgcaactcaatcaca PVY-R: ccatccatcataacccaaactc	166 pb	Du, Z. Chen, J. and Hiruki, C. (2006)
Potato virus X (PVX)	PVX-f: aactggcaagcacaaggtttca PVX-r: cagtttgggcagcattcatttc	145 pb	Du, Z. Chen, J. and Hiruki, C. (2006)
Potato virus S (PVS)	PVS-F: accrgatccgacaagctcagg PVS-R: gccatttgctcrgtggttcg	342 pb	Du, Z. Chen, J. and Hiruki, C. (2006)
Potato virus M (PVM)	PVM4: acatctgaggacatgatgcgc PVM3: tgagctcgggaccattcatac	520 pb	Xu <i>et al</i> ; licensee BioMed Central Ltd. 2010
Alfalfa mosaic virus (AMV)	AMV-F: ccatcatgagtcttccaaaaag AMV-R: tcgtcacgtcatcagtgagac	351 pb	Jehan S. Al-Abrahim. 2014.
Cucumber mosaic virus (CMV)	CMV-FI: cgacttaataagacgttagcagc CMV-FII: tcccaatgctagtagaacctcc CMV-R: tgctcraygtracatgaag	500 pb (CMV-FI Y CMV-R) 600 pb (CMV-FII Y CMV-R)	Jehan S. Al-Abrahim. 2014.
Tomato mosaic virus (ToMV)	ToMV-F: atgtcttactcaatcatttc ToMV-R: ttaagatgcaggtgcagagg	480 pb	Ge, B. Li, Q. Liu, G. <i>et al</i> . 2013
Tobacco mosaic virus (TMV)	TMV 5pr: gttttaaatatgtctttacag TMV 3pr: tgaggtagtcgaagtcata	480 pb	H.W. Jung and W.S. Yun. 2002
Tomato spotted wilt virus (TSWV)	L2TSWV-F: atcagtcgaaatggtcggca L1TSWV-R: aattgccttgcaaccaatttc	276 pb	OEPP/EPPO.2004
Pepino mosaic virus (PepMV)	KL05-13: gtccctcaccaataaaatttag KL05-14: aggaaaaacttaacccgttc	202 pb	Kai-Shu Ling, 2008
Potato spindle tuber viroid (PSTVd)	3H1-F: atccccggggaaacctggagcgaac 2H1-F: ccctgaagcgtcctctccgag	360 pb	Shamloul <i>et al</i> . 1997

9.3.2 Resultados

En las muestras analizadas, provenientes de la región de Coquimbo, se determinaron los virus PMV, AMV, CMV, PepMV, PVY, TSWV. Las muestras colectadas desde campo (Cerrillos) indicaron la presencia de 6 virus (**Figura 9.1**), mientras

que en los materiales provenientes de la colección de INIA se encontró sólo la presencia del virus M de la papa (PVM) en una de las muestras, la cual no manifestaba sintomatología (**Figuras 9.2 y 9.3**).



Figura 9.2. Muestra SEL02 infectada con PMV.

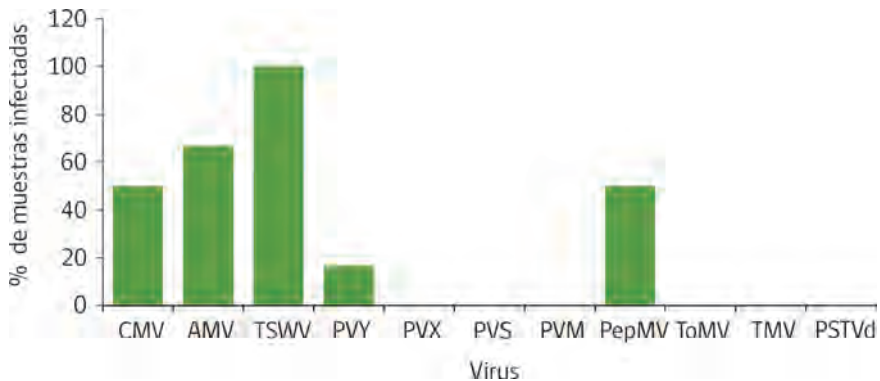


Figura 9.3. Porcentaje de muestras infectadas con virus desde la colecta realizada en la localidad de Cerrillos.

9.4 Descripción de los virus que afectan el cultivo del pepino dulce

9.4.1 Virus del mosaico del tomate

9.4.1.1 Taxonomía

Familia: Virgaviridae

Género: Tobamovirus

Nombre científico: *Tomato mosaic virus*

Acrónimo: ToMV

9.4.1.2 Sintomatología

Los síntomas son variables, pues dependen de las condiciones climáticas, especie, variedad y edad de la planta. En general las solanáceas infectadas con ToMV presentan lesiones locales necróticas y moteadas o mosaico sistémico. La literatura indica que el virus del mosaico del tomate es un factor limitante para el éxito del cultivo del pepino dulce, pues los efectos de la infección causada por este fitopatógeno afectan: el rendimiento, el peso de la fruta, la relación longitud/anchura y el contenido de sólidos solubles (Pérez-Benlloch *et al.* 2001).

9.4.1.3 Sobrevivencia y Diseminación

El virus del mosaico del tomate tiene como principal vector el propio hombre, debido a la facilidad que tiene para transmitirse mecánicamente, desde ropas contaminadas y herramientas de poda. Puede llegar a causar daños severos.

9.4.2 Virus del mosaico del pepino dulce

9.4.2.1 Taxonomía

Familia: Alphaflexiviridae

Género: Potexvirus

Nombre científico: *Pepino mosaic virus*

Acrónimo: PepMV

9.4.2.2 Sintomatología

El PepMV causa mosaico amarillo en hojas jóvenes en plantas de pepino dulce infectadas, pero la sintomatología más severa se manifiesta en follaje temprano del tomate y considera mosaico, deformación de hojas, disminución del crecimiento de la planta y hasta puede afectar el color de la fruta.

9.4.2.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus no tiene vectores asociados, se transmite por semillas, pero en porcentajes despreciables. La forma eficiente de transmisión es por contacto entre plantas.

9.4.3 Virus del mosaico del pepino

9.4.3.1 Taxonomía

Familia: Bromoviridae

Género: Cucumovirus

Nombre científico: *Cucumber mosaic virus*

Acrónimo: CMV

9.4.3.2 Sintomatología

El virus del mosaico del pepino causa una variedad de síntomas como mosaico, hojas filiformes, clorosis y enanismo de la planta. En el cultivo de pepino dulce, CMV causa síntomas de mosaico.

9.4.3.3 Sobrevivencia y Diseminación

CMV está ampliamente distribuido en el mundo. Es un virus polífago que tiene el rango más amplio de hospedadores de cualquier virus de plantas conocido. CMV se transmite mediante áfidos en forma no persistente. Este virus también se transmite por semilla en algunas especies vegetales en porcentajes que pueden llegar a 50%.

9.4.4 Virus del mosaico de la alfalfa

9.4.4.1 Taxonomía

Familia: Bromoviridae

Género: Alfamovirus

Nombre científico: *Alfalfa mosaic virus*

Acrónimo: AMV

9.4.4.2 Sintomatología

El virus del mosaico de la alfalfa es causante de una amplia variedad de síntomas dependiendo del hospedero. Entre los síntomas más comunes están los mosaicos, moteados y necrosis. La literatura reporta que las plantas de pepino dulce infectadas manifiestan lesiones necróticas en forma de anillos.

9.4.4.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus AMV está distribuido ampliamente en el mundo, se transmite mediante áfidos en forma no persistente, pero además es transmitido por semilla en algunos hospederos. AMV es un virus polífago presente en una amplia gama de plantas hospedera. Se mantiene en especies silvestres.

9.4.5. Virus S de la papa

9.4.5.1 Taxonomía

Familia: Betaflexiviridae

Género: Carlavirus

Nombre científico: *Potato virus S*

Acrónimo: PVS

9.4.5.2 Sintomatología

PVS ha sido identificado en plantas de pepino dulce asintomáticas. En cultivo de papa, papas infectadas pueden mostrar una leve clorosis, rugosidad de la superficie y ondulación del margen.

9.4.5.3 Sobrevivencia y diseminación

Potato Virus S fue determinado en Nueva Zelanda desde plantas de pepino dulce importadas desde Chile. Inicialmente, el virus fue llamado Pepino latent virus, PLV, (Thomas, 1980) y posteriormente reclasificado como un aislado de PVS (Dolby and Jones, 1988). El virus se transmite mediante áfidos (*Myzus persicae*), siendo su eficiencia variable según el aislado del virus.

9.4.6. Virus M de la papa

9.4.6.1 Taxonomía

Familia: Betaflexiviridae

Sub-familia: Quinvirinae

Género: Carlavirus

Nombre científico: *Potato virus M*

Acrónimo: PVM

9.4.6.2 Sintomatología

El virus M de la papa manifiesta síntomas de mosaico en hojas de pepino dulce infectadas. En el cultivo de la papa, el virus M, se manifiesta mediante síntomas que pueden ir desde atenuados a severos dependiendo de las variedades y ais-

lados del virus. Estos síntomas pueden ser: moteado, mosaico, arrugamiento en las hojas y retraso del crecimiento de los brotes.

9.4.6.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus M de la papa está ampliamente distribuido en las zonas productoras de papa. Se transmite mediante áfidos de manera no-persistente, siendo *Myzus persicae* el vector más eficiente.

9.4.7 Potato virus H

9.4.7.1 Taxonomía

Familia: Betaflexiviridae

Sub-familia: Quinvirinae

Género: Carlavirus

Nombre científico: *Potato virus H*

Acrónimo: PVH

9.4.7.2 Sintomatología

El virus H de la papa se manifiesta generalmente como un virus latente. En papa puede causar un leve enrollamiento de las hojas. No se han reportado síntomas en plantas de pepino dulce infectadas con PVH.

9.4.7.3 Sobrevivencia y diseminación

Potato virus H. está ampliamente distribuido en China, no se ha reportado en el resto del mundo. Hasta ahora se conoce que su transmisión ocurre mecánicamente. No hay vectores identificados que se asocien a la transmisión de este virus.

9.5 Descripción de Viroides que afectan el cultivo del pepino dulce

9.5.1 PSTVd

9.5.1.1. Taxonomía

Familia: Pospiviroidae

Género: Pospiviroid

Nombre científico: *Potato spindle tuber viroid*

Acrónimo: PSRVd

9.5.1.2 Sintomatología

En pepino dulce no hay síntomas descritos. PSTVd, causa síntomas severos en papa, los cuales incluyen reducción del tamaño del follaje y de los tubérculos. PSTVd también causa deformación y disminución del tamaño del tubérculo.

9.5.1.3 Sobrevivencia y diseminación

PSTVd, tiene un estrecho rango de hospederos siendo el principal la papa y el tomate. La transmisión de este fitopatógeno es mediante semilla verdadera de la papa, polen y por contacto (maquinaria agrícola y labores).

9.6 Descripción de otros virus susceptibles de infectar el cultivo del pepino dulce

9.6.1. Virus de mosaico de tabaco

9.6.1.1 Taxonomía

Familia: Virgaviridae

Género: Tobamovirus

Nombre científico: *Tobacco mosaic virus*

Acrónimo: TMV

9.6.1.2 Sintomatología

En general las plantas infectadas con TMV manifiestan mosaico, pero también pueden manifestar clorosis de venas y necrosis. En pepino dulce no están descritos los síntomas.

9.6.1.3 Sobrevivencia y diseminación

El Mosaico del tabaco es un virus polífago que está distribuido a nivel mundial. Este virus se transmite mecánicamente al realizar las labores del cultivo.

9.6.2 Virus del bronceado del tomate

9.6.2.1 Taxonomía

Familia: Peribunyaviridae

Género: Tospovirus

Nombre científico: *Tomato spotted wilt tospovirus*

Acrónimo: TSWV

9.6.2.2 Sintomatología

El virus TSWV manifiesta síntomas muy agresivos en tomate y pimiento en los cuales mancha los frutos con anillos concéntricos cloróticos y necróticos. En el caso de pepino dulce, no suele producir grandes daños.

9.6.2.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus del bronceado del tomate es un virus polífago que se transmite por trips, siendo *Frankliniella occidentalis* el vector más eficiente. El modo de transmisión es persistente, es decir; una vez que el insecto adquiere el virus, lo puede transmitir durante toda su vida. El insecto en estado de ninfa adquiere el virus desde una planta enferma, pero lo transmite sólo en su estado adulto.

9.6.3 Virus X de la papa

9.6.3.1 Taxonomía

Familia: Alphaflexiviridae

Género: Potexvirus

Nombre científico: *Potato virus X*

Acrónimo: PVX

9.6.3.2 Sintomatología

El virus X de la papa puede presentar síntomas de mosaicos leves o permanecer latente. La severidad de los síntomas aumenta cuando se encuentra en combinación con otros virus. No hay descritos síntomas específicos para pepino dulce.

9.6.3.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus X de la papa se transmite mediante contacto. Este virus afecta alrededor de 240 especies en 16 familias, siendo la mayoría de ellas solanáceas.

9.6.4 Virus Y de la papa

9.6.4.1 Taxonomía

Familia: Potyviridae

Género: Potyvirus

Nombre científico: *Potato virus Y*

Acrónimo: PVY

9.6.4.2 Sintomatología

Los síntomas causados por PVY son moteados que van de atenuados a severos dependiendo del cultivo, la raza del virus, y las condiciones climáticas.

9.6.4.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus Y de la papa se transmite principalmente mediante áfidos vectores en forma no persistente, es decir se requieren unos pocos segundos para que el vector adquiera el virus y unos pocos segundos para que lo transmita. *Myzus persica* es el vector más eficiente en la transmisión de este virus. PVY también se transmite mediante injerto. El virus Y de la papa está ampliamente distribuido en un amplio rango de hospederos que incluye especies cultivadas de solanáceas y malezas solanáceas y de otras familias.

9.6.5 Virus del enrollamiento de la hoja de la papa

9.6.5.1 Taxonomía

Familia: Luteoviridae

Género: Polerovirus

Nombre científico: *Potato leafroll virus*

Acrónimo: PLRV

9.6.5.2 Sintomatología

Tal como indica el nombre de PLRV, la sintomatología que manifiestan las plantas infectadas con este virus es enrollamiento de la hoja. La descripción de síntomas está basada en el cultivo de la papa.

9.6.5.3 Sobrevivencia y diseminación

El virus del enrollamiento de la hoja de la papa, está ampliamente distribuido en las zonas productoras de papa. El virus es transmitido por varias especies de áfidos de manera persistente, es decir; el vector requiere un cierto periodo de alimentación para adquirir el virus y luego un periodo de incubación (horas hasta días) para que quede virulífero, condición que es para toda la vida del insecto. Este tipo de transmisión se facilita cuando el vector coloniza el cultivo.

9.7 Control de enfermedades causadas por virus

Las enfermedades causadas por virus no tienen ningún tipo de control químico, el control se basa en la prevención. Las medidas preventivas generales que llevarán a tener un cultivo con baja incidencia de infecciones virales tienen relación con las siguientes prácticas:

- a) Iniciar la plantación con material libre de virus: En el caso del pepino dulce, no hay disponibilidad de plantas certificadas libre de virus en el mercado, por lo tanto se hace necesario la producción de plantas madres libres de virus mediante técnicas como termoterapia y cultivo de meristemos. Estas plantas madres deben ser mantenidas en sistemas de exclusión como invernaderos con malla antiáfidos y doble puerta.
- b) Control de vectores. Un control químico eficiente se logra en base a monitoreos periódicos mediante simple observación o utilizando trampas de captura. Los insectos que transmiten virus no necesariamente colonizan el cultivo, por lo cual no siempre es fácil darse cuenta de su presencia.
- c) Control de malezas. El control de las malezas y rastrojos es muy importante para el control de enfermedades causadas por virus, pues los virus permanecen en malezas sirviendo estas de fuente de inóculo o reservorio de virus para infectar cultivos de interés.
- d) Establecer medidas culturales: Las medidas culturales se deben aplicar en forma constante y tienen relación con la naturaleza de transmisión del virus. Por ejemplo, ingresar a invernaderos con ropa limpia, monitorear trampas de captura en forma periódica, observación del cultivo para la identificación de insectos y síntomas. Eliminación de plantas con síntomas asociados a virus. Para virus con hábitos de transmisión mecánicos, desinfectar herramientas de poda.

Bibliografía

- Abouelnasr H, Y.Y. Li, Z.Y. Zhang, J.Y. Liu, S.F. Li, D.W. Li, J.L. Yu, J.H. McBeath, C.G. Han. 2014. First report of Potato virus H on *Solanum muricatum* in China. Plant Disease 98(7): 1016.
- Dolby, C.A, R.A.C. Jones. 1988. The relationship between the Andean strain of potato virus S and Pepino latent virus. Annals of Applied Biology 112: 231-234.

- Honda, Y., K. Hanada, K. Ushiyama, R. Zenbayashi and H. Tochiara. 1986. Alfalfamosaic virus and cucumber mosaic virus isolated from pepino (*Solanum muricatum*). Japanese Journal of Phytopathology, 52(5): 870-873.
- Jones, R.A.C, R. Koenig, D. Lesemann. 1980. Pepino mosaic virus, a new potexvirus from pepino (*Solanum muricatum*). Annals of Applied Biology 94: 61-68.
- Mertelika, J., K. Kloudovaa, G. Cervenab, J. Necekalovab, H. Mikulkovab, Z. Levkanicovab, P. Dedicc and J. Ptacekc. 2010. First report of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) in *Brugmansia* spp., *Solanum jasminoides*, *Solanum muricatum* and *Petunia* spp. in the Czech Republic. 2010. Plant Pathology 59, 392.
- Pérez-Benlloch, L., J. Prohens, S. Soler and F. Nuez. 2001. Yield and fruit quality losses caused by ToMV in pepino (*Solanum muricatum* L.) and search for sources of resistance. Euphytica 120: 247-256.
- Prohens, J., S. Soler, L. Pérez-Benlloch and F. Nuez. 1998. Tomato mosaic tobamovirus, causal agent of a severe disease in pepino (*Solanum muricatum*). Plant disease 82(11):1281-1281B.
- Puchta, H., T. Herold, K. Verhoeven, A. Roenhorst, K. Ramni, W. Schmidt-Puchta and H.L. Sanger. 1990. A new strain of *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd-N) exhibits major sequence differences as compared to all other PSTVd strains sequenced so far. Plant Mol. Biol. 15: 509-511.
- Shamloul, A.M., A. Hadidi, S.F. Zhu, R.P. Singh and B. Sagredo. 1997. Sensitive detection of *Potato spindle tuber viroid* using RT-PCR and identification of a viroid variant naturally infecting pepino plants. Canadian Journal of Plant Pathology 19: 89-96.
- Thomas, W., N.A. Mohamed and M.E. Fry. 1980. Properties of a Carlavirus causing a latent infection of pepino (*Solanum muricatum*). Annals of Applied Biology 95: 191-196.
- Zheng, H., J. Chen, J. Chen. 2003. Complete sequence analysis on Potato virus M infecting *Solanum muricatum*. Acta Microbiologica Sinica 43(3): 336-341.

Capítulo 10

Cosecha y bases para manejo de postcosecha de frutos de pepino dulce

Carolina Contreras D.

Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
cdcontr1@uc.cl

Bruno Defilippi B.

Ing. Agrónomo, Ph.D.

Constanza Jana A.

Ing. Agrónomo, M.Sc., Dra.

El fruto de pepino dulce es una fruta de alto contenido de agua (>92%) y especialmente bajo contenido calórico (250 kcal kg⁻¹), más un alto contenido en carotenoides (Herraiz *et al.* 2015; Hsu *et al.* 2011). Se han descrito numerosas propiedades beneficiosas para la salud con su consumo, como propiedades hipotensivas (Redgwell y Turner, 1986) y diuréticas (Sánchez-Vega, 1992). Posee un alto contenido en potasio (>1g kg⁻¹) y vitamina C (>200 mg kg⁻¹), y se le atribuye un elevado contenido en polifenoles y flavonoides (Sudha *et al.* 2011). De acuerdo a Redgwell y Turner (1986) los frutos de pepino presentan la siguiente composición (**Cuadro 10.1**).

Cuadro 10.1. Rango de concentraciones en el pericarpio de frutos de pepino dulce.

Compuesto	Valores por cada 100 g	Compuesto	Valores por cada 100 g
Peso seco (g)	6,8-8,2	Nitrógeno (mg)	23-30
Proteína (g)	0,10-0,13	Fósforo (mg)	10,7-12,3
Lípidos y pigmentos	24,6-44,4	Potasio (mg)	115-123
Azúcares solubles (g)	4,9-6,4	Azufre (mg)	3,0-40
Almidón (mg)	20,0-90,0	Calcio (mg)	2,3-3,0
Celulosa (mg)	154-220	Magnesio (mg)	5,3-6,1
Hemicelulosa (mg)	40,1-53,6	Sodio (mg)	0,76-2,30
Pectina (mg)	26,7-34,5	Hierro (mg)	0,20 -0,31
Vitamina C	46,0-68,8	Manganeso (mg)	0,06-0,070
Ácidos orgánicos no volátiles (mg)	119-153	Cinc (mg)	0,02-0,05
Aminoácidos libres (mg)	52-70	Cobre (mg)	0,02-0,03
		Boro (mg)	0,03-0,05

10.1 Cosecha y comercialización de pepino dulce

En Chile el pepino dulce se cosecha entre los meses de enero y hasta septiembre en zonas de producción libre de heladas. En zonas con riesgo de heladas, la cosecha se detiene por efecto de las bajas temperaturas ya que es una planta muy sensible al frío (**Figura 10.1**). Para la región de Coquimbo, las zonas libres de heladas sólo se encuentran en ciertas áreas protegidas de la zona de Cerrillos de Tamaya, en el valle de Limarí.



Figura 10.1. Efecto de temperaturas cercanas a 0°C en pepino dulce en zona de Pan de Azúcar, La Serena.

La cosecha se realiza en forma manual, recolectando los frutos en cajas o canastos. El proceso de selección puede realizarse directamente en suelo (**Figura 10.2**) pero idealmente en bodegas de embalaje (**Figura 10.3**), siendo esta última la más adecuada para evitar contaminación microbiológica y disminuir pérdidas por deshidratación de la fruta.

Por ser una planta de crecimiento rastrero y, debido a que en Chile no se utilizan sistemas de conducción como en los países que son centro de origen de esta especie (sur de Colombia y norte de Ecuador), los frutos crecen directamente sobre el suelo (**Figura 10.4**).



Figura 10.2. Sistema de selección y embalaje en suelo. Concón, región de Valparaíso.



Figura 10.3. Sistema de selección en bodega de embalaje. Cerrillos de Tamaya, Limarí, región de Coquimbo.



Figura 10.4. Frutos de pepino dulce en diferentes estados de madurez, cercanos a momento de cosecha.

La cosecha se realiza en forma escalonada, aproximadamente a partir de los 4 meses desde trasplante, con un rendimiento promedio muy variable, entre 8 a 30 t ha⁻¹ y en función de 3 calibres (i) primera (>150 g), (ii) segunda (90 a 150 g) y (iii) tercera (<90 g) (**Figura 10.5**). Existe además una categoría extra con frutos de más de 370 g, de escasa comercialización.



Figura 10.5. Calibres de cosecha de frutos de pepino dulce.

En Cerrillos de Tamaya, de acuerdo a información entregada por agricultores, se estima que en promedio un 69% de la cosecha corresponde a calibre primera, un 22% a segunda y un 10% a tercera. Se utiliza como medida de producción la caja de 18 kilos o “torito”. La mayor parte de los agricultores de la zona de Cerrillos de Tamaya, vende los pepinos puestos en terreno, principalmente con destino a los mercados de Ovalle, La Serena, Antofagasta, Santiago, Talca y Concepción y en su mayoría, trabajan con un solo comprador, basando su estilo de venta en la confianza que significa muchos años de trabajo en común y el pago de anticipos para la producción con una proyección conjunta de ingreso. No se realizan ventas a minoristas o comerciantes eventuales.

10.2 Índices de cosecha

Hasta hoy, los pepinos de fruta se han cosechado utilizando como índices de cosecha dos parámetros visuales: color de fondo y apariencia de líneas moradas en el fruto (Lizana y Levano, 1977; Alvarado, 1995), y se sabe muy poco de aspectos

de la madurez y de las características fisiológicas asociadas a la calidad. Esta es la principal razón por la cual se realiza un mal proceso de selección de frutos, con manejos de cosecha y postcosecha deficientes. Por ello, se le considera un fruto con baja calidad organoléptica (Contreras *et al.* 2018).

En el pasado algunos autores definieron índices para pepino. Por ejemplo, Levano (1977) indicó que la resistencia de la pulpa a la presión (firmeza) sería un buen índice de cosecha para esta especie, y que los sólidos solubles totales no son un buen índice ya que no entregarían una medida de los cambios ocurridos durante la maduración. Sin embargo, El-Zeftawi *et al.* (1988) recomendaron como índices de cosecha en pepino el color amarillo de fondo, una firmeza de pulpa de 2 kgf, contenido de jugo de 40% y sólidos solubles totales cercanos a 9%, para el cultivar Golden Splendour. Redgwell y Turner (1986) describieron la evolución de azúcares durante la maduración de los frutos, a las 3 y 6 semanas antes de la maduración y en maduración, indicando que la fructuosa y la glucosa disminuyen en un 23 y un 22% respectivamente, durante la madurez, mientras que la sacarosa aumenta en hasta un 97%, con sólidos solubles que van desde un 5% a las 6 semanas antes de madurar, 6,2% a las 3 semanas y 9,3% en maduración.

Un estudio comparativo realizado por Schwartz y Núñez (1988) sobre características del fruto de pepino dulce de la zona central, y por Palacios y Fajardo (1997) sobre características del fruto de pepino de la zona norte, se observa en el **Cuadro 10.2**. Las variaciones observadas en los parámetros medidos muestran la alta variabilidad de información existente para esta especie.

Cuadro 10.2. Características de frutos de pepino dulce de la zona central y de la zona norte.

Parámetros	Pepinos zona central	Pepinos zona norte
Sólidos solubles (%)	9	9
Acidez (g 100 mL ácido cítrico ⁻¹)	1,16	0,75
Sólidos solubles acidez ⁻¹	60,4	12
Resistencia a la presión (N)	24,8	58,6
Piel (%)	15,8	-
Semillas y mucílago (%)	6	-
pH	5	4,8

10.3. Parámetros fisiológicos y de calidad durante la maduración de frutos de pepino dulce

Debido a la falta de información para esta especie, INIA realizó un estudio en la Unidad de Postcosecha de La Platina, sobre frutos colectados entre enero y marzo del año 2015 y entre febrero y abril del año 2016, desde un campo comercial en Cerrillos de Tamaya, en Ovalle, región de Coquimbo. Se tomaron muestras de frutos en seis estados de desarrollo, basados en el tamaño y el color externo, desde muy inmaduro (estadio 1) a fruto senescente (estadio 6). Desde plantas similares en campo se etiquetó frutos desde los 10 días después de la cuaja (estadio 1) y cada 2 a 3 semanas (estadio 2 al 5) durante el desarrollo de los frutos, hasta 90 días después de la cuaja (estadio 6). Se determinaron una serie de atributos que determinan la calidad global del fruto y variables fisiológicas, incluyendo tasa respiratoria y producción de etileno, firmeza de pulpa, peso de fruto, diámetro ecuatorial, color de fondo, acidez titulable, contenido de sólidos solubles, ácidos orgánicos, azúcares individuales y compuestos volátiles.

10.3.1 Tasa respiratoria y producción de etileno

Durante las seis etapas de desarrollo, casi 90 días después de la fructificación, la tasa de respiración de pepino fue baja, entre 20–25 $\mu\text{g CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ en etapas inmaduras y entre 5–10 $\mu\text{g CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ en etapas más maduras (**Figura 10.6**). Además, la fruta de pepino no mostró un pico climatérico después de la cosecha, coincidiendo con un porcentaje importante de literatura que clasifica a esta fruta, como con una fisiología de maduración no climatérica (Contreras *et al.* 2019).

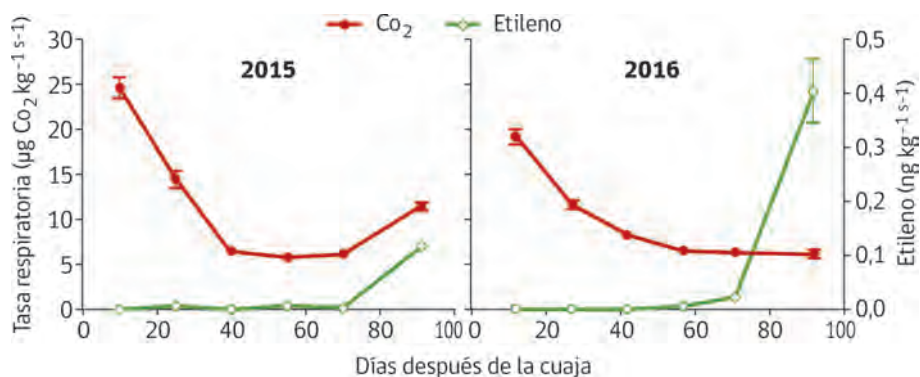


Figura 10.6. Tasa respiratoria y producción de etileno, en frutos de pepino dulce, durante las temporadas 2015 y 2016 (Traducido de Contreras *et al.*, 2019).

En lo que respecta al etileno, el pepino mostró valores de producción muy bajos en ambas temporadas de cultivo, que nunca excedieron de $0,1 \text{ ng kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$, excepto en la última etapa de desarrollo (etapa 6), donde las emisiones de etileno son provocadas por la senescencia del fruto y no precisamente por maduración.

10.3.2 Firmeza de la pulpa

La fruta mostró una pérdida acelerada de la firmeza durante su desarrollo, alcanzando casi 60 N en la etapa 5 (cosecha comercial) y $<40 \text{ N}$ en la etapa 6 (senescencia) (**Figura 10.7**). Los valores mínimos y máximos obtenidos en la temporada 2015, fueron 88,9 y 116,7 N, respectivamente, mientras que en la temporada 2016 fueron 17,6 y 78,4 N.

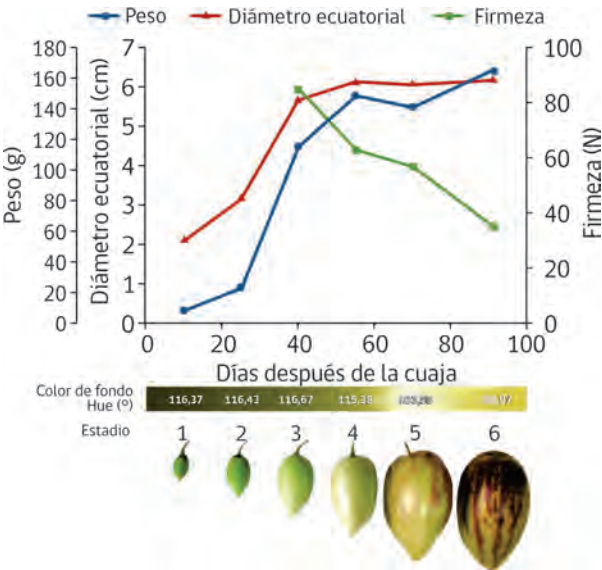


Figura 10.7. Parámetros de calidad de frutos de pepino dulce durante la temporada 2015.

En un estudio paralelo, se evaluó durante la temporada 2016, el efecto de dosis incrementales de nitrógeno en la pérdida de firmeza de los frutos de pepino, en estado de cosecha comercial (estado 5). Se aplicaron dosis incrementales de nitrógeno de 0, 30, 60 y 120 unidades de nitrógeno ha^{-1} , sin variar la fertilización potásica y de fósforo. No se obtuvo diferencia significativa entre los 4 tratamientos (**Cuadro 10.3**).

Cuadro 10.3. Efecto de la fertilización nitrogenada en la resistencia a la presión de la pulpa (N).

(N-P-K) kg ha ⁻¹	Firmeza (N)
0-60-90	44,1 a
30-60-90	31,0 a
60-60-90	35,8 a
120-60-90	44,0 a
Pr>F	0,5897

10.3.3 Diámetro y peso de la fruta

El diámetro y el peso de la fruta se alcanzaron en las primeras etapas de desarrollo, etapas 3 y 4, respectivamente (**Figura 10.7**). Ambos caracteres se completaron después de 40 y 50 días después del cuajado. Schaffer *et al.* (1989) también estudiaron el crecimiento de la fruta en pepino reportando que se completa el diámetro de la fruta después de los 60 días posteriores a la antesis.

10.3.4. Color de fondo

El color de fondo, que se ha utilizado como un índice de madurez para los pepinos también cambió durante la maduración. La tonalidad disminuyó durante el desarrollo de la fruta al pasar de color verde a blanco durante el tiempo de cosecha, y amarillo en una fruta senescente (**Figura 10.7**). La tonalidad es 0° para rojo, 90° para amarillo, 180° para verde y 270° para azul. Durante la temporada 2015 los valores mínimos y máximos variaron entre 88,9° y 116,7°; para la temporada 2016, los valores mínimos y máximos variaron entre 94,8° y 116,7°.

10.3.5. Acidez titulable y contenido de sólidos solubles

Otros parámetros de calidad, como el contenido de sólidos solubles y la acidez titulable, mostraron un patrón bastante estable durante el desarrollo de la fruta con una acumulación no significativa (**Figura 10.8**). La fruta de pepino tiene niveles bajos de azúcar en torno al 8 -10%, en comparación con otras frutas que alcanzan el 14-16% (cereza dulce) y hasta >20% (uva de mesa) del total de sólidos solubles (Kader, 2002). Los valores para sólidos solubles en la temporada

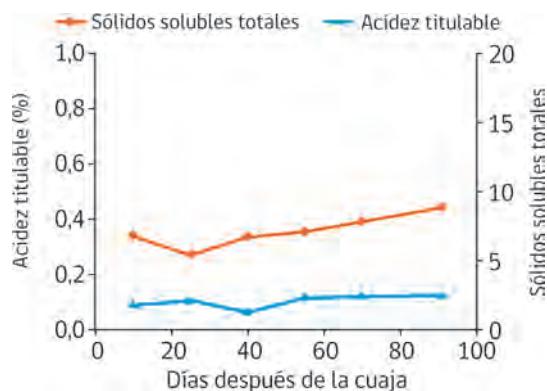


Figura 10.8. Acidez titulable y sólidos solubles totales en frutos de pepino durante la temporada 2015.

2015, variaron entre 5,4 la mínima y 8,9% la máxima. La temporada 2016, los valores mínimos fueron de 5,0% y los máximos de 7,9%. En el caso de la acidez titulable, los valores mínimos y máximos para la temporada 2015, fueron de 0,06 a 0,12%, respectivamente y en la temporada 2016 los valores mínimo y máximo, variaron entre 0,07 y 0,14%, respectivamente.

Al igual que en el caso de la firmeza de la pulpa, se evaluó en un estudio paralelo durante la temporada 2016, el efecto de dosis incrementales de nitrógeno en el contenido de sólidos solubles (%) de los frutos de pepino, en estado de cosecha comercial (estado 5). Se aplicaron dosis incrementales de nitrógeno de 0, 30, 60 y 120 unidades de nitrógeno ha^{-1} , sin variar la fertilización potásica y de fósforo. No se obtuvo diferencia significativa entre los 4 tratamientos, corroborando la estabilidad de este parámetro (**Cuadro 10.4**).

Cuadro 10.4. Efecto del nitrógeno sobre el contenido de sólidos solubles en frutos de pepino dulce sometidos a diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada.

(N-P-K) kg ha^{-1}	Sólidos Solubles (%)
0-60-90	7,3 a
30-60-90	7,6 a
60-60-90	6,8 a
120-60-90	6,6 a
Pr>F	0,0705

10.3.6 Ácidos orgánicos y determinación de azúcares

Los ácidos orgánicos encontrados en pepino fueron: málico, quínico, tartárico, cítrico y succínico (Contreras *et al.* 2019). Se observaron diferentes patrones para la acumulación de ácidos orgánicos durante el desarrollo de la fruta. Por ejemplo, el ácido málico disminuyó durante el desarrollo de la concentración de ácido succínico, especialmente en las etapas de mayor madurez. En frutas de 2015, el ácido málico fue el ácido predominante; sin embargo, en 2016, su concentración disminuyó y fue el segundo ácido abundante después del ácido quínico (**Figura 10.9**). La literatura reporta que el ácido cítrico es el ácido predominante en pepino dulce y que incrementa hasta 3 veces durante el desarrollo y maduración del fruto (Rodríguez-Burruezo *et al.* 2011). Sin embargo, en el estudio llevado a cabo en la Unidad de Postcosecha de INIA, fue el ácido que mostró menor nivel en ambos años. Lo anterior puede deberse a que los niveles de ácido cítrico corresponden a estudios sobre variedades comerciales mejoradas, mientras que en Chile solo existen ecotipos locales.

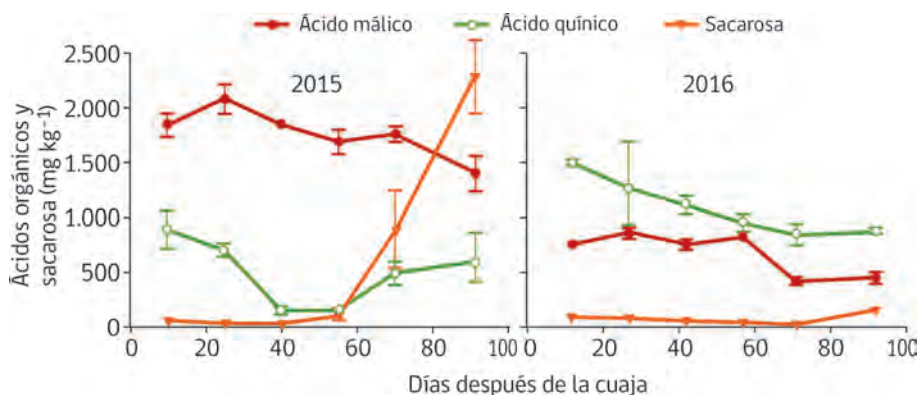


Figura 10.9. Concentración de ácidos orgánicos y sacarosa en el desarrollo de frutos de pepino dulce, durante las temporadas 2015 y 2016 (Adaptado de Contreras *et al.*, 2019).

En cuanto a la concentración de azúcar, la fructosa, la glucosa y la sacarosa fueron los principales azúcares solubles (Contreras *et al.* 2019). Estos azúcares mostraron un patrón similar descrito por Schaffer *et al.* (1989) y Sánchez *et al.* (2000), donde la sacarosa está presente en cantidades bajas durante las etapas inmaduras para acumularse en niveles más altos durante la maduración. Se ha descrito que la sacarosa representa casi el 50% del contenido total de azúcar en pepino dulce. La fructosa y la glucosa no mostraron cambios significativos a lo largo del desarrollo, y la fructosa fue ligeramente más alta que la glucosa.

10.3.7. Compuestos volátiles

El fruto de pepino dulce destaca por su aroma agradable muy similar al del melón. Por eso, en Argentina es conocido incluso como “meloncito de invierno”. Este aroma es el resultado de una compleja y específica combinación de compuestos volátiles, muy variable además entre las distintas variedades.

A pesar de ser una característica tan apreciada en esta especie, son pocos los estudios dirigidos a determinar y evaluar esta fracción volátil responsable del aroma. Se han identificado más de 30 compuestos en tres variedades de pepino dulce (Shiota *et al.* 1988). Rodríguez-Burruezo *et al.* (2004), realizaron un análisis de los constituyentes volátiles del aroma de pepino dulce, determinando la existencia de tres grupos de aromas, que permitían diferenciar y caracterizar diferentes grupos varietales. Estos aromas son: ‘frutosos’ constituidos por acetatos y prenol, ‘verdes’ constituidos por aldehídos C6 y C9, y ‘notas exóticas’ conformadas por lactonas, mesifurano y β -damascenona. El perfil de compuestos volátiles encontrado en este estudio, también coincidió con los mencionados en la literatura. Se observó una emisión significativa de compuestos volátiles en los estadios fenológicos 5 y 6, que corresponden a madurez de cosecha y senescencia. Se identificaron 22 compuestos volátiles algunos en grandes cantidades como los compuestos C9 asociados a estados inmaduros del fruto. También se describió la producción de aldehídos C5 en frutos inmaduros, además de los C6 y C9 (Contreras *et al.* 2017).

10.4 Comparación de parámetros en dos estados de madurez de pepino dulce

El año 2015, en el tiempo de cosecha, se colectaron frutos en 2 estados de madurez: M1 pepinos con la piel color verde, M2 pepino con piel blanca de fondo (**Figura 10.10**). Los frutos fueron analizados diariamente durante 10 días a 20°C. No hubo diferencias significativas en la calidad entre ambos estados de madurez tanto firmeza, como tasa respiratoria y producción de etileno, mostraron los mismos patrones para M1 y M2 durante la maduración a 20°C (**Figura 10.11**). El hecho de que no existan diferencias en los parámetros fisiológicos sugiere que es posible cosechar en estadios menos avanzados de color (color de fondo verde), y alcanzar la madurez de consumo sin problema, tal como otros estados más avanzados.



Figura 10.10. Frutos de pepino dulce de madurez 1 (M1) con color de fondo verde y madurez 2 (M2) con color de fondo blanco o cremoso.

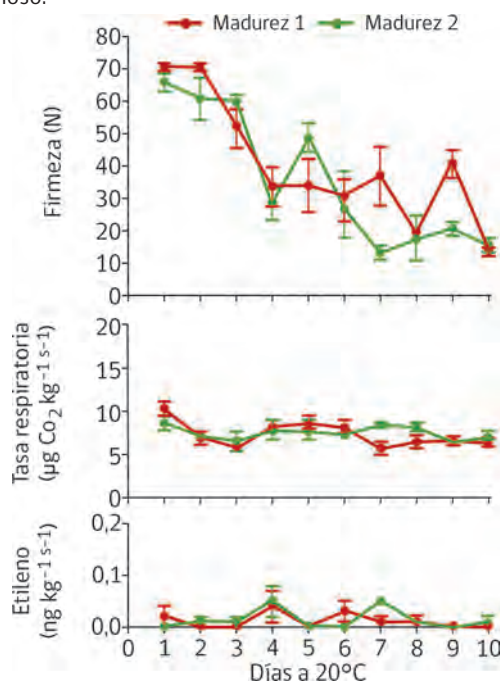


Figura 10.11. Parámetros de calidad de pepino dulce en 2 estados de madurez, durante 16 días a 20°C, M1 frutos con color fondo verde y M2 frutos con color de fondo blanco.

10.5 Potencial de almacenaje y atmósfera controlada

Para determinar el potencial de almacenaje de frutos de pepino dulce se estudiaron M1 y M2 descritas anteriormente. Sólo se mostrarán los datos de la M1 porque no hubo diferencias significativas con el estado de madurez M2. Se cosecharon frutos de pepino el día 20 de abril del año 2015 y fueron inmediatamente trasladados a la Unidad de Postcosecha del INIA- La Platina. Una vez llegada la fruta fue dividida en 3 tratamientos:

- 1) Atmósfera regular (AR) (21% O₂ y 0% CO₂) o control.
- 2) Atmósfera regular (AR) +1-MCP (1ppm, SmartFresh).
- 3) Atmósfera controlada (AC) (5% O₂ y 5% CO₂).

Toda la fruta de los tratamientos fue almacenada a 7°C por 10, 20, 30 y 40 días (salidas de frío o SF), más 5 días de almacenaje a 20°C después de cada salida de frío.

La fruta en atmósfera regular y AR + 1-MCP se comportaron de forma similar en rangos de tasa de producción a salida de frío, 12-14 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ durante los 40 días de almacenaje (**Figura 10.12**, izquierda). El almacenaje bajo AC, en cambio, mantuvo altos niveles de tasas respiratoria (~25-32 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) lo que indicaría que el pepino dulce es una especie sensible para el almacenaje bajo AC, y por lo tanto, los niveles de gases de la atmósfera dañaron la fruta (alto CO₂ y/o bajo oxígeno), o simplemente, que la AC no logra controlar el metabolismo de pepino dulce como se ha descrito ampliamente en la literatura para otras especies.

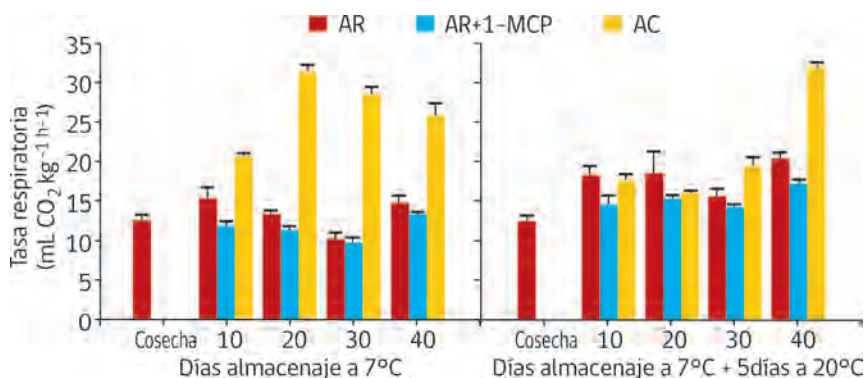


Figura 10.12. Tasa respiratoria de pepino dulce almacenado bajo atmósfera regular (AR), AR +1-MCP y atmósfera controlada (AC) por 40 días a 7°C (izquierda), salida de frío, (derecha) días de almacenaje a 20°C.

El efecto de la atmósfera controlada descrito anteriormente sobre el metabolismo del fruto también se evidencia en los niveles de etileno más altos emitidos por la fruta en AC comparado con la AR (**Figura 10.13**).

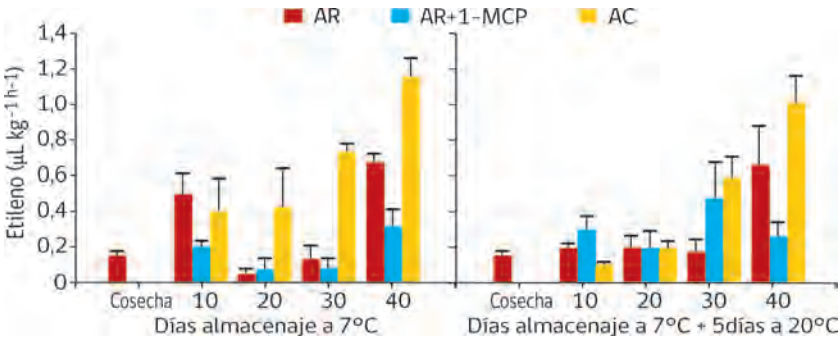


Figura 10.13. Producción de etileno interno en frutos pepino dulce almacenados bajo atmósfera regular (AR), AR +1-MCP y atmósfera controlada (AC) por 40 días a 7°C (izquierda), salida de frío, (derecha) días de almacenaje a 20°C.

Otros parámetros de calidad también fueron evaluados: firmeza, sólidos solubles totales y acidez titulable (**Figura 10.14**).

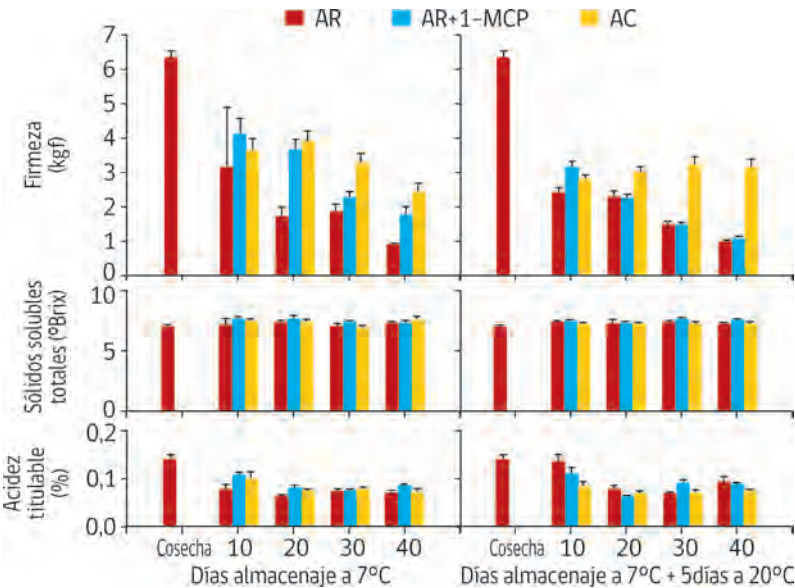


Figura 10.14. Parámetros de calidad en frutos de pepino dulce almacenados bajo atmósfera regular (AR), AR +1-MCP y atmósfera controlada (AC) por 40 días a 7°C (izquierda), salida de frío, (derecha) días de almacenaje a 20°C.

10.5.1 Desórdenes fisiológicos durante postcosecha

Con el propósito de estudiar el desarrollo de potenciales desórdenes fisiológicos (harinosidad) derivados de daño por frío o daño por AC, se evaluó la jugosidad de la pulpa del pepino dulce. Este parámetro fue evaluado de acuerdo a la metodología de Infante *et al.* (2009) (**Figura 10.15**).

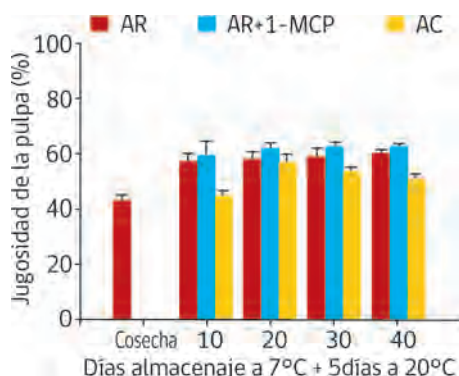


Figura 10.15. Jugosidad de la pulpa de pepino dulce almacenado bajo atmósfera regular (AR), AR +1-MCP y atmósfera controlada (AC) por 40 días a 7°C y luego de 5 días a 20°C.

Los frutos de pepino dulce no sufrieron daño de harinosidad en ninguno de los tratamientos. Menor porcentaje total de jugo fue obtenido en fruta almacenada bajo AC, sin embargo, los rangos de jugosidad se movieron entre 40 y 60% que ante la evaluación subjetiva aún es un fruto percibido como ‘jugoso’.

Adicionalmente, se evaluaron desórdenes fisiológicos externos e internos de la fruta (**Figura 10.16**). Los daños se expresaron en número de frutos afectados del total (incidencia) expresada en porcentaje. Los desórdenes fisiológicos externos se manifestaron a partir de los 20 días a 7°C + 5 días a 20°C en frutos bajo atmósfera controlada. Todos los tratamientos mostraron desórdenes a los 30 y 40 días de almacenaje, siendo siempre el tratamiento de AC la fruta más afectada (**Figura 10.16**, arriba). Interesantemente, sólo se manifestaron daños fisiológicos internos en el tratamiento de AC a partir de los 30 días a salida de frío y a los 10 días de almacenaje a salida de frío + 5 días a 20°C (**Figura 10.16**, abajo).

Los daños fisiológicos externos encontrados en pepino dulce incluyen pardeamiento externo de la piel, lenticelosis y daño por AC expresada como necrosis

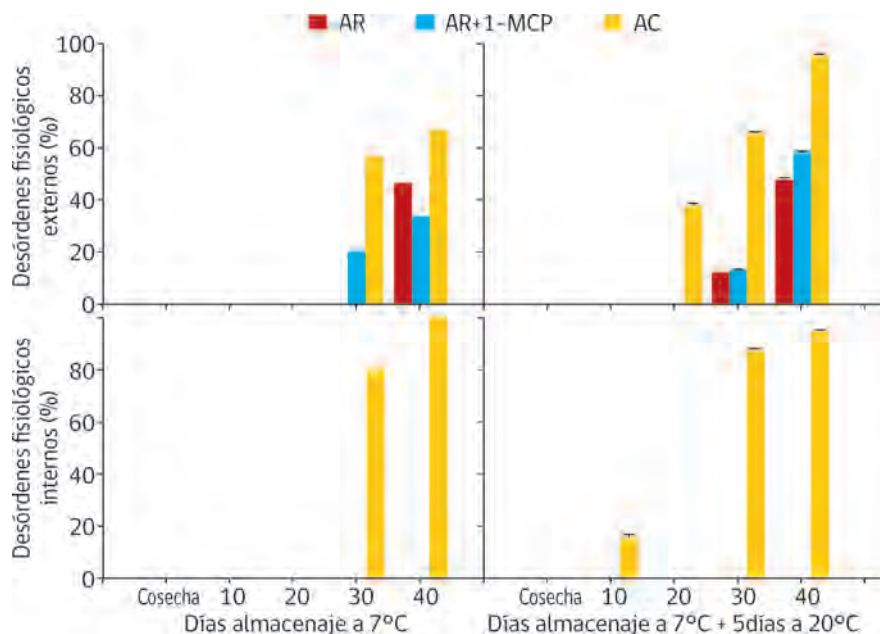


Figura 10.16. Daños fisiológicos externos (arriba) e internos (abajo) en frutos de pepino dulce almacenados bajo atmósfera regular (AR), AR +1-MCP y atmósfera controlada (AC) por 40 días a 7°C (izquierda), salida de frío (derecha), días de almacenaje a 20 °C.

de la piel (**Figura 10.17**). Este último daño se puede ver en frutos almacenados luego de 40 días bajo AC (**Figura 10.18**). Los daños fisiológicos internos incluyeron pardeamiento en la punta, y pardeamiento interno de la pulpa (**Figuras 10.18 y 10.19**).



Figura 10.17. Desórdenes fisiológicos externos, de izquierda a derecha: pardeamiento de la piel, lenticelosis y necrosis por AC.



Figura 10.18. Frutos de pepino dulce luego de 40 días de almacenaje bajo AC.



Figura 10.19. Desórdenes fisiológicos internos, de izquierda a derecha: pardeamiento de la punta, pardeamiento interno moderado y pardeamiento interno severo.

10.6 Conclusiones

De los dos índices de cosecha que tradicionalmente se utilizan en Chile en la cosecha de pepino, color de fondo y apariencia de líneas moradas en el fruto, se corrobora el uso del color de fondo y además se recomienda incorporar a los sólidos solubles, dado que es estable incluso a diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Aroma también se induce en la madurez, y podría ser potencialmente usado como índice de madurez, pero a la fecha, existen dificultades para medirlo en campo pues no existen los equipos adecuados para análisis de volátiles.

El pepino dulce que se produce en la región de Coquimbo, produce ácidos málico y quínico como ácidos orgánicos predominantes y eso lo diferencia de las variedades comerciales producidas en otras partes del mundo que producen ácido cítrico principalmente.

El pepino dulce es sensible al almacenaje bajo atmósfera controlada de 5% O₂ y 5% CO₂ pues desarrolla diversos desórdenes fisiológicos tanto externos como internos. Adicionalmente, no hay diferencia entre la atmósfera regular y la aplicación de 1-MCP luego de almacenaje en la calidad de la fruta. En este estudio, el mejor potencial de almacenaje es de 20 días a 7°C bajo atmósfera regular.

Bibliografía

- Alvarado, P. 1995. El cultivo del pepino dulce. Agroeconómico Fundación Chile 30:13-18.
- Contreras, C., M. González-Agüero, and B Defilippi 2016. A Review of Pepino (*Solanum muricatum* Aiton) Fruit: A Quality Perspective. HortScience 51(9):1127-1133.
- Contreras, C., W. Schwab, M. Mayershofer, M. González-Agüero and BG. Defilippi. 2017. Volatile compound and gene expression analyses reveal temporal and spatial production of LOX-derived volatiles in pepino (*Solanum muricatum* Aiton) fruit and LOX specificity. Journal of Agricultural and Food Chemistry 65(29):6049-6057.

- Contreras, C, W. Schwab, M. Mayershofer, I. Morales, M. González-Agüero and BG. Defilippi. 2019. Study of physiological and quality parameters during development and ripening of pepino (*Solanum muricatum* Aiton) fruit. Chilean Journal of Agricultural Research 79:385–395.
- El-Zeftawi, B.M, L. Brohier, L. Dooley, F.H. Goubbran, R. Holmes and B. Scott. 1988. Some maturity indices for tamarillo and pepino fruits. Journal of Horticultural Science 63(1):163–169.
- Etienne, A., M. Génard, P. Lobit, A. D. MbéguiéA-Mbéguié and C. Bugaud. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. Journal of Experimental Botany 64(6):1451–1469.
- Herraiz, F., S. Vilanova, M. Plazas, P. Gramazio, I. Andújar, A. Rodríguez-Burruezo, A. Fita, G.J. Anderson, J. Prohens. 2015. Phenological growth stages of pepino (*Solanum muricatum*) according to the BBCH scale. Scientia Horticulturae, 183(12):1–7.
- Hsu, C.C., YR. Guo, ZH. Wang and MC. Yin. 2011. Protective effects of an aqueous extract from pepino (*Solanum muricatum* Ait.) in diabetic mice. J. Sci. Food Agric. 91(8):1517–1522.
- Infante, R., C. Meneses, P. Rubio and E. Seibert. 2009. Quantitative determination of flesh mealiness in peach [*Prunus persica* L. (Batch)] through paper absorption of free juice. Postharvest Biology and Technology 51:118–121.
- Kader, A. (ed.) 2002. Quality and safety factors: Definition and evaluation for fresh horticultural crops, p. 279–285. Postharvest technology of horticultural crops. Oakland, CA.
- Levano, B. 1977. Caracterización y comportamiento en postcosecha de pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait). Tesis ingeniero agrónomo, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, 47 p.
- Lizana, L.A y B. Levano. 1977. Caracterización y comportamiento de postcosecha del pepino dulce *Solanum muricatum*. Ait. Proceedings Tropical Region American Society for Horticultural Science 21:11–15.
- Muñoz-Robredo, P., P. Robledo, D. Manríquez, R. Molina and B. Defilippi. 2011. Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. Chilean Journal of Agricultural Research 71(3):452–458.

- Palacios, D., G. Fajardo. 1997. Evaluación química y sensorial de jugo de pepino dulce cultivado en la IV Región. Investigación aplicada, Departamento de Ingeniería de alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Serena.
- Prohens, J., M. Leiva-Brondo, A. Rodríguez-Burruezo, and F. Nuez. 2002. 'Puzol': A facultatively parthenocarpic hybrid of pepino (*Solanum muricatum*). HortScience 37:418-419.
- Redgwell, R. and N. Tuner. 1986. Pepino (*Solanum muricatum*): chemical composition of ripe fruit. Journal of the science of food and agriculture 37:1217-1222.
- Rodríguez-Burruezo, A., H. Kollmannsberger, J. Prohens, S. Nitz and F. Nuez. 2004. Analysis of the volatile aroma constituents of parental and hybrid clones of pepino (*Solanum muricatum*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 52:5663-5669.
- Rodríguez-Burruezo, A., J. Prohens, and F. Nuez. 2004b. 'Valencia': A new pepino (*Solanum muricatum*) cultivar with improved fruit quality. HortScience 39:1500-1502.
- Rodriguez-Burruezo, A., J. Prohens, and A.M. Fita. 2011. Breeding strategies for improving the performance and fruit quality of the pepino (*Solanum muricatum*): A model for the enhancement of underutilized exotic fruits. Food Research International 44:1927-1935.
- Sánchez, M., M. Cámara, J. Prohens, J. Ruiz, E. Torija and F. Nuez. 2000. Variation in carbohydrate content during ripening in two clones of pepino. Journal of the Science of Food and Agriculture 80:1985-1991.
- Sánchez-Vega, I. 1992. Frutales Andinos: Pepino dulce (*Solanum caricatura*). p.179-183. En Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. 345 p.
- Schaffer, A., I. Rylski and M. Fogelman. 1989. Carbohydrate content and sucrose metabolism in developing *Solanum muricatum* fruits. Phytochemistry 28(3):737-739.
- Schwartz, M. y H. Núñez. 1988. Elaboración de jugo pasteurizado de pepino dulce. Alimentos 13(1): 31-34.
- Sudha, G., M.S. Priya, R.B. Shree and S. Vadivukkarasi. 2012. Antioxidant activity of ripe and unripe pepino fruit (*Solanum muricatum* Aiton). Journal Food Science 77(11):C1131-C1135.



Boletín INIA / N° 410
www.inia.cl



ISSN 0717-4829