

El Limonero



Bruno Razeto M.

Bruno Razeto Migliaro nació el año 1942, en la ciudad de Los Andes, Chile. Se tituló de ingeniero agrónomo, con mención en Fruticultura, en la Universidad de Chile, en 1965. Cuatro años más tarde obtuvo el grado de master of science en Fruticultura, en la Universidad de California, Davis, USA.

Desde 1965 se desempeña como académico en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, siendo profesor titular desde 1985. Durante su permanencia en la Universidad, ha tenido a cargo la cátedra de Frutales de Hoja Persistente, en pregrado y la de Nutrición Mineral en Frutales, en postgrado, además de participar en cinco asignaturas adicionales.

A sus numerosas publicaciones científicas, se agregan múltiples conferencias y presentaciones en congresos, tanto en Chile como en el extranjero. Es autor de cuatro libros: "Huertos Densos de Manzano" (1984), "La Nutrición Mineral de los Frutales: Deficiencias y Excesos" (1991), "Para Entender la Fruticultura" (con tres ediciones: 1991, 1993, 1999) y "El Palto (Aguacate) y su Cultivo" (2000), este último, como curso electrónico.

A su actividad académica, se agrega una amplia experiencia profesional, como partícipe de comités en instituciones del Estado y asesorías a empresas productoras y exportadoras de fruta.

Entre sus distinciones, ha sido galardonado por la Sociedad Agronómica de Chile, con el "Premio al Mérito Agronómico, año 1996" y por la Rectoría de la Universidad de Chile, con la "Distinción al Mejor Docente de Pregrado" en la Facultad de Ciencias Agronómicas, el año 2002.

EL LIMONERO

Registro de Propiedad Intelectual: 148.017

ISBN: 956-299-702-2

Bruno Razeto Migliaro

Julio 2005

Santiago, Chile

Bruno Razeto, Edición y Comercialización de Libros.

Los Cerezos 405, Ñuñoa, Santiago, Chile.

Teléfono: 2716101

Diseño y Diagramación: GRaFiCMaGiC CReaTioNS

02 315 6978 - 09 246 8764

Este documento ha sido publicado con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), a través del Programa de Promoción de la Innovación Agraria.



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

EL LIMONERO

Bruno Razeto Migliaro
Ingeniero Agrónomo, M.S.
Profesor de Fruticultura
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

2005

*“Doña primavera
viste que es primor,
de blanco, tal como
limonero en flor”*

*de: Doña Primavera
(Gabriela Mistral)*

*“Amor mío, te espero,
te espero en el desierto más duro
y junto al limonero florecido:
en todas partes donde esté la vida,
donde la primavera está naciendo,
amor mío, te espero”*

*de: La Carta en el Camino.
Los Versos del Capitán
(Pablo Neruda)*

ERRATA

Páginas 134 y 135: en las fórmulas que aparecen para el cálculo de E_c , (evapotranspiración del cultivo), eliminar K_p , puesto que este índice ya se considera en la obtención del factor E_o (evapotranspiración potencial).

Página 204: la Figura 186 corresponde a peteca, y no precisamente a daño por frío en almacenaje.

ÍNDICE

ÍNDICE	9
PRÓLOGO	13
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 2 FENOLOGÍA	21
Procesos vegetativos	21
Crecimiento de brotes	21
Caída de hojas	23
Crecimiento de raíces	24
Procesos reproductivos	25
Floración	27
Desarrollo de los frutos	30
Caída de los frutos	34
Cosecha	35
CAPÍTULO 3 CLIMA	37
Helada	37
Protección contra las heladas	42
Tratamiento del árbol dañado por helada	48
Viento	50
Granizo	53
Nieve	54
Lluvia o llovizna	54
CAPÍTULO 4 SUELO	57
CAPÍTULO 5 AGUA DE RIEGO	63
CAPÍTULO 6 PLANTACIÓN	65
Época de plantación	67
Replantación	67
Trasplante de árboles en producción	68

CAPÍTULO 7	
MARCO DE PLANTACIÓN	69
Plantación en rectángulo	71
Plantación semipermanente	73
Plantación semipermanente en quincunce	73
Plantación semipermanente en rectángulo	74
Herramientas coadyuvantes	76
Curvas de producción	78
La luz y la densidad de plantación	81
CAPÍTULO 8	
PLANTACIÓN EN LADERAS	83
CAPÍTULO 9	
VARIETADES	91
Eureka	91
Génova	92
Lisboa	93
Fino 49	94
Verna	96
Variedad ideal	96
CAPÍTULO 10	
PATRONES	99
<i>Citrus macrophylla</i> Wester	100
Naranja agrio	101
Naranja dulce	102
Naranja trifoliado	102
Citranges	105
Citrumelo	105
CAPÍTULO 11	
PROPAGACIÓN Y MANEJO DEL VIVERO	107
Obtención de la semilla	107
Siembra	109
Trasplante	112
Desarrollo del patrón	113
Injertación	113
Desarrollo del injerto	114
CAPÍTULO 12	
PODA	117
CAPÍTULO 13	
RIEGO	127

Sistema gravitacional o de baja frecuencia	128
Riego presurizado o localizado de bajo volumen y alta frecuencia	133
Encharcamiento	139

CAPÍTULO 14

NUTRICIÓN MINERAL Y FERTILIZACIÓN

Nitrógeno	143
Potasio	147
Magnesio	150
Micronutrientes	151
Hierro	151
Zinc	151
Manganeso	153
Fertilizantes compuestos	155
Consideraciones adicionales para el fertirriego	155
Hidroponía abierta	157
Micorrizas	159

CAPÍTULO 15

MANEJO DEL SUELO Y CONTROL DE MALEZAS

Herbicidas	164
------------	-----

CAPÍTULO 16

PRODUCCIÓN DE LIMONES EN VERANO

CAPÍTULO 17

PLAGAS

Conchuela negra del olivo	173
Chanchitos blancos	175
Mosquita blanca de los cítricos	177
Arañita roja de los cítricos	178
Ácaro de la yema de los cítricos	179
Burrito	181
Restricciones al uso de pesticidas	181
Producción integrada y producción orgánica	182

CAPÍTULO 18

NEMATODOS

Nematodo de los cítricos	183
--------------------------	-----

CAPÍTULO 19

ENFERMEDADES DE PRECOSECHA

Gomosis	187
Pudrición parda	189

Pudrición gris	191
Xiloporosis o cachexia	193
CAPÍTULO 20	
ENFERMEDADES DEL LIMÓN EN POSTCOSECHA	195
Pudrición parda	195
Moho verde y moho azul	196
Moho gris	197
CAPÍTULO 21	
ALTERACIONES FISIOLÓGICAS DEL FRUTO	199
Peteca	199
Oleocelosis	203
Daño por frío	204
Sobremaduración	204
Quimeras	205
CAPÍTULO 22	
COSECHA	207
CAPÍTULO 23	
MANEJO DEL LIMÓN EN POSTCOSECHA	213
Vaciado	214
Primera selección manual	214
Baño en agua caliente	215
Cepilladura y lavado	215
Presecado	215
Segunda selección manual	216
Enceramiento con fungicida	216
Secado	217
Calibración	218
Tercera selección manual	219
Envasado	219
Paletizado	221
Almacenaje	221
Desverdeo	223
CAPÍTULO 24	
INDUSTRIALIZACIÓN	227
Aceite esencial	227
Jugo	227
Cáscara deshidratada	228
BIBLIOGRAFÍA	231

PRÓLOGO

Los cítricos, también denominados agrios; por su antigüedad, por la amplitud de su distribución geográfica en el mundo y por la importancia socioeconómica de su cultivo y sus productos, probablemente constituyan las especies frutales más estudiadas. Numerosos textos se han escrito en diferentes países, cubriendo aspectos básicos y prácticos relacionados con su cultivo. Sin embargo, probablemente debido a la distribución geográfica más restringida del limonero y a la menor importancia relativa que su cultivo tiene en el mundo (8% de la producción total de cítricos), la información disponible sobre esta especie es significativamente menor que en otros cítricos, como el naranjo o el mandarino.

Aunque los fundamentos fisiológicos son bastante generalizables a todas las especies de cítricos, el limonero tiene particularidades que lo hacen diferente. El limonero presenta requerimientos edafoclimáticos y de manejo en su cultivo, bastante específicos y, generalmente, de mayor complejidad que en los otros cítricos.

Estas particularidades del limonero son, precisamente, el motivo principal de estudio en este texto, sin obviar, por cierto, conceptos básicos aplicables a todos los cítricos, e incluso, a otros frutales de hoja persistente. Entonces, el objetivo de esta publicación es reunir materias, que el autor espera sean de interés para el profesional, el estudiante, el agricultor, el comercializador e incluso personas con la sola afición por el estudio de esta especie, que en Chile es muy apreciada.

Este libro no pretende ser un tratado sobre el limonero, sino una modesta contribución, donde el autor intenta compilar la información bibliográfica que le fue posible reunir, además de su experiencia personal. Muchos de los conceptos que aquí se incluyen son aplicables al limonero en general.

Sin embargo, será necesario que el lector tamice y discrimine la información, pues aunque ésta se centra en las condiciones edafoclimáticas existentes en la zona de cultivo del limonero en Chile, cada vivero, huerto o “packing”, e incluso cada árbol constituye una situación particular. Con el estudio de las materias presentes en este libro, en ningún caso se puede prescindir de los conocimientos de los especialistas. Por el contrario, su publicación pretende despertar interés por el cultivo del limonero y comunicar la necesidad que cada etapa involucrada en la producción de limones, desde el vivero hasta la comercialización del fruto, cuente con una experta asesoría técnica. Los conocimientos que el autor desea transmitir, con la lectura de estas páginas, permitirán percatarse de ello y, espera que hagan más fructífero el entendimiento entre el productor, el asesor y los otros agentes participantes, ya sean éstos, operarios, proveedores o destinatarios.

Como en cualquier actividad en que se fija una meta, en la fruticultura se debe estudiar y evaluar cada uno de los factores que, de alguna manera, influyen y son necesarios para alcanzarla. Cualquiera de ellos puede afectar la producción y la productividad final, de la misma forma en que un determinado nutriente afecta el desarrollo de las plantas, según la Ley del Mínimo. Sin embargo, en esta publicación, más que poner énfasis en cuanto a lo que se debe hacer, se pretende enviar un mensaje de que todo es posible, siempre que sea bien estudiado y mejor realizado, reconociendo también, que el valor de la propia experiencia es inobjetable.

Muchos de los conceptos vertidos en este libro se han ilustrado con numerosas fotografías. Ellas son originales y, prácticamente todas han sido captadas por el autor en Chile y otros importantes países productores de limón.

El autor expresa su más sincero reconocimiento a los ingenieros agrónomos Sres.: Robinson Arce, Dr. Thomas Fichet y M.Sc. Gabino Reginato, por sus valiosos aportes en la revisión del manuscrito. También agradece a la Sra. Angélica Rojas, por el trabajo de transcripción dactilográfica del manuscrito y ayuda en la confección de gráficos; al Ing. Agrónomo Claudio Córdova, por su colaboración en la confección de figuras; y al Ing. Agrónomo Dr. Alexis Vega, por la digitalización de numerosas fotografías.

Finalmente, vaya un especial reconocimiento a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Ministerio de Agricultura de Chile, cuyo auspicio contribuyó significativamente a la publicación de este libro.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

El limonero (*Citrus limon* (L.) Burman f. pertenece a la familia vegetal de las Rutáceas, subfamilia Aurantioídeas. Aunque no se ha encontrado en forma silvestre, se estima que su origen se encuentra en la región de Punjab de India y Pakistán, probablemente de una mutación o hibridación natural del “citrón” (*Citrus medica* L.).

El limonero no debe confundirse con el limero mejicano (*Citrus aurantifolia* (christm.) Swingle), mal llamado en Chile como limón de Pica, ni con el limero de Tahiti o lima Bearss (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka), también conocido en Chile como limón-sutil (Figura 1). Estas variedades de lima ácida, que en Chile se cultivan en forma limitada, son ampliamente cultivadas en países de clima tropical o subtropical.



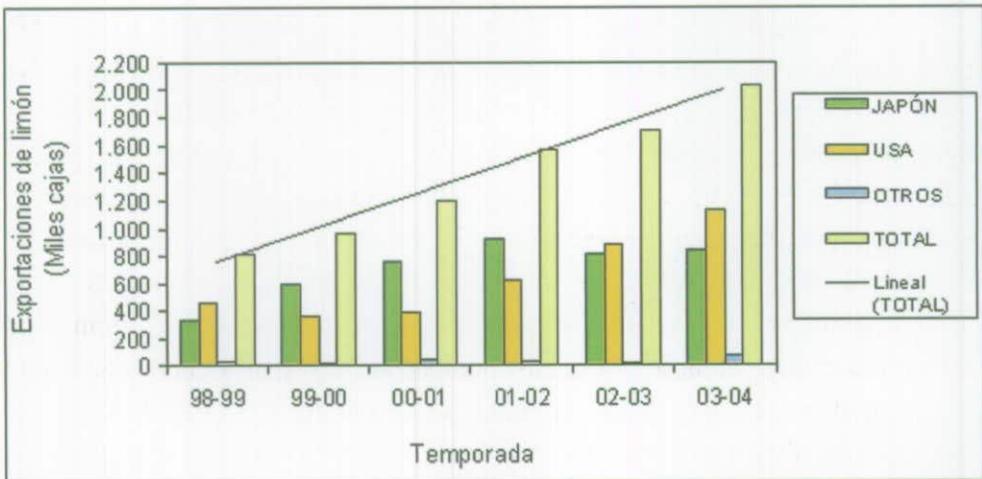
Figura 1. Fruto de lima Bearss o lima de Tahiti, en Chile llamado limón sutil.

Aunque la citricultura chilena es relativamente pequeña en el contexto internacional, el cultivo del limonero en este país presenta una situación destacada. Chile probablemente sea el único país donde la producción de limones supera a la de naranjas (160.000 toneladas de limones y 118.000

toneladas de naranjas, aproximadamente el año 2003), situándose como el octavo productor de este fruto en el mundo. Cabe hacer notar que la producción mundial de limones no llega, según FAO, al 10% de la producción total de cítricos. En efecto, el año 2004, la producción mundial de limones y limas alcanzó los 12 millones de toneladas (en 800.000 hectáreas), mientras que la producción total de cítricos fue de 108 millones de toneladas (en 7,4 millones de hectáreas).

Por otra parte, Chile posee un elevado consumo de limones (aproximadamente 8 kg por habitante al año, contra 1 kg de consumo promedio mundial). Esta utilización récord del limón en Chile deriva de su tradicional empleo como: condimento de ensaladas y productos del mar, bebida refrescante y medicinal, y aditivo en diversos cócteles alcohólicos, cuya máxima expresión es el “pisco sour” (aperitivo preparado con destilado de uvas aromáticas, jugo de limón y azúcar).

Adicional al consumo interno, una fracción importante de la producción (la de mejor calidad) del limón de invierno es destinada a la exportación, siendo Japón y Estados Unidos los principales países destinatarios. Los envíos de limón a estos países han ido en aumento en los últimos años, totalizando aproximadamente un 15% de la producción nacional anual (Figura 2).



Fuente: Asociación de Exportadores de Chile

Figura 2. Evolución de las exportaciones de limón de Chile, desde la temporada 1998-1999 a 2003-2004. Cajas de 17,2 kg neto.

El cultivo del limonero en Chile se emplaza en localidades de invierno templado, comprendidas entre los 29° 50' y los 34° 50' latitud sur, donde predomina un clima mediterráneo templado, con período seco de 6 a 8 meses. Las principales zonas productoras corresponden a la RM con casi el 50% de la superficie plantada con limonero en Chile (Figura 3), seguida por las regiones V, VI y IV. Luego vienen las regiones III y VII, donde la superficie es mínima.



Figura 3. Huerto de limoneros, contiguo a durazneros en flor. Curacaví, Región Metropolitana.

La superficie plantada con limonero en Chile se estima en 7.500 hectáreas, aproximadamente, cifra similar a la ocupada por el naranjo. Sin embargo, como se consignó anteriormente, la producción del primero es significativamente mayor. Esto obedece al mayor rendimiento que logra el limonero. En efecto, es un árbol de crecimiento más rápido una vez plantado en el huerto, aun más precoz en producir que el naranjo, con gran potencial productivo. Es una especie de mayor eficiencia productiva en su follaje y sin los problemas de producción alternada (añerismo) que presentan algunas variedades de naranjo. Además, aunque la mayor producción ocurre en invierno, el limonero fructifica, prácticamente, durante todo el año, lo cual, junto con incrementar su productividad, permite la obtención de ingresos en forma bastante continuada. El naranjo, en cambio, presenta las ventajas de constituir un árbol más rústico, más tolerante a las heladas y más longevo. Además, su manejo es más simple, especialmente en lo que se refiere a cosecha, la cual se realiza en un período relativamente corto, en cada variedad.

Aunque el limón y la naranja difieren en sus múltiples usos, en ambos casos se trata de un fruto duradero y de manejo relativamente sencillo después de la cosecha.

Los antecedentes aquí señalados hacen del limonero una especie atractiva, cuyo cultivo es tradicional en Chile. La población está muy familiarizada con él. Basta con observar la presencia de este árbol decorando la mayoría de los patios y jardines de las casas en la Capital y otras ciudades, donde existe clima suficiente para su desarrollo, que permita cosechar su fruto diariamente necesario (Figura 4). El limón tiene infinidad de usos caseros, debido principalmente a su acidez (aproximadamente 6 g de ácido cítrico por 100 mL de jugo), su alto contenido de ácido ascórbico o vitamina C (aproximadamente 50 mg por 100 mL de jugo) y su especial aroma.



Figura 4. El típico limonero "urbano", en Chile.

Capítulo 2

FENOLOGÍA

El conocimiento de la fenología de un árbol frutal, y de los factores que en ella influyen, es requisito básico para la correcta ubicación de la plantación y, posteriormente, para un manejo eficiente del huerto.

Los eventos fenológicos son, tanto en época como en duración, muy dependientes del clima reinante en cada localidad, como asimismo de la variación que éste presenta año tras año. También influyen otros factores como la variedad, el patrón y ciertas prácticas de manejo, especialmente el riego, la poda y la aplicación de algunos fitorreguladores. En consideración a lo anterior, en materia de fenología sólo es posible establecer aproximaciones; y se deberá tener presente las variaciones que pueden existir en cada huerto (término utilizado en Chile para “huerta”), e incluso en cada árbol en particular.

Los conceptos que aquí se viertan, en general corresponden a aquéllos derivados de los escasos estudios existentes y de observaciones realizadas por el autor en la Zona Central, principalmente en la variedad Génova, que todavía es la más importante en Chile. En la Figura 5 se presentan los períodos aproximados en que ocurren los principales eventos fenológicos.

PROCESOS VEGETATIVOS

Crecimiento de brotes

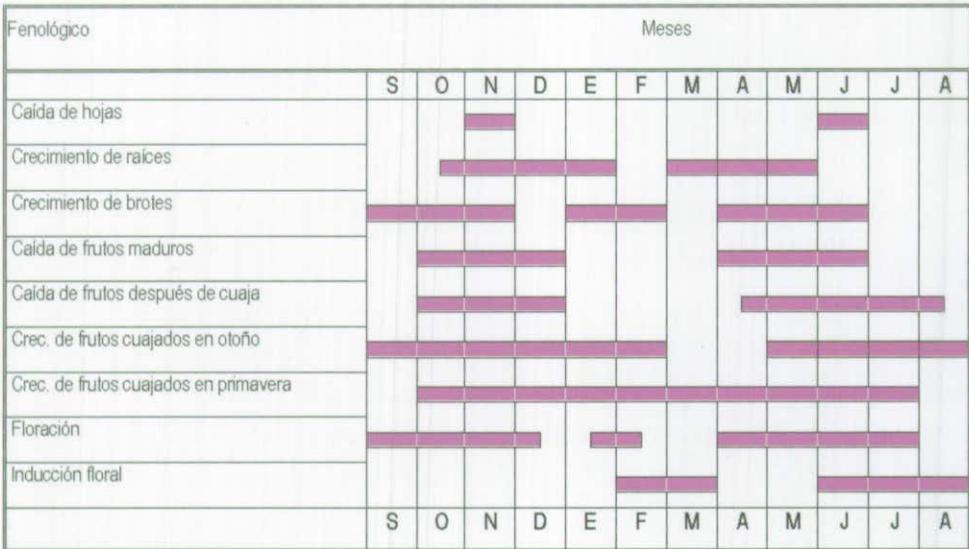
En el limonero se distinguen tres períodos principales de crecimiento de brotes: primavera (septiembre a noviembre), verano (enero y febrero) y otoño (abril a junio). (Figura 6).

Los crecimientos de primavera y otoño son los más intensos, promovidos por temperaturas medianas. El de verano es más débil y corto, proba-

EL LIMONERO

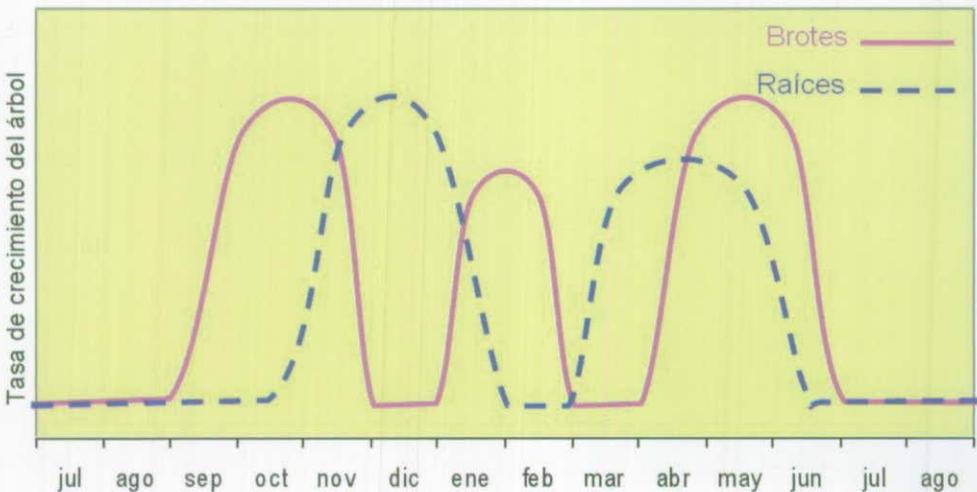
blemente debido a las temperaturas excesivas de esa época. Durante el invierno, generalmente no hay crecimiento de brotes por causa de la insuficiente temperatura reinante. El desarrollo de la brotación es óptimo a temperaturas medias diarias entre 15 y 25°C.

En primavera se produce la emisión del mayor número de brotes, razón por la cual éstos, generalmente no alcanzan mucho vigor. Además, esta brotación sufre la competencia que ejerce la gran cantidad de flores que el



Elaborado por el autor.

Figura 5. Cuadro fenológico del limonero en la Zona Central de Chile (aproximado).



Elaborado por el autor.

Figura 6. Períodos de crecimiento de brotes y raíces en limonero.

árbol emite en ese momento. El crecimiento que los brotes logran en otoño, normalmente es más vigoroso que en primavera, debido a que el número de yemas que brotan es menor. En esta época, generalmente, los brotes alcanzan mayor longitud, con formación de hojas más grandes que en primavera. Sin embargo, cualquiera sea la época, el crecimiento de los brotes puede ser influenciado fuertemente por el suministro de agua del suelo. Un déficit hídrico en ese momento puede inhibir la emisión de brotes o reducir el período de crecimiento de los mismos. Por su parte, una poda realizada poco antes de un período de brotación, normalmente aumentará la fuerza de ésta. Sin embargo, si la poda se efectúa en pleno período de crecimiento, el vigor del árbol se verá afectado, pues se cortarán muchos ápices de crecimiento y, además, follaje en plena actividad fotosintética.

Los brotes en crecimiento activo, en el limonero, se caracterizan por el color púrpura de las hojas que se están formando en su extremo (Figura 7).



Figura 7. Brotes de limonero.

Caída de hojas

El limonero, como árbol de hoja persistente, permanece con hojas durante todo el año; no obstante, presenta una constante renovación de su follaje, la que es notoria en los períodos de mayor brotación y floración. Las hojas, cuya máxima caída normalmente ocurre, aproximadamente, en los meses de noviembre y junio, lo hacen en estado senescente, una vez alcanzada su madurez fisiológica (Figura 8). La caída de junio suele ser más intensa cuando coincide con días calurosos y el suelo ya frío.

Se estima que la vida de una hoja de cítrico, habitualmente fluctúa entre 17 y 24 meses, siendo la más larga aquélla de hojas ubicadas en brotes vigorosos.

También pueden ser causa de caída de hojas un déficit hídrico severo en el árbol, una helada, alguna plaga o una aplicación errónea de determinados pesticidas. En estos casos, las hojas caen poco tiempo después de ocurrido el accidente, independientemente de la edad que ellas tengan.



Figura 8. Caída de hojas en limonero, a fines de otoño.

Crecimiento de raíces

Como se puede apreciar en la Figura 6, el crecimiento de raíces ocurre a continuación de los ciclos de crecimiento de brotes de primavera y verano. El primer período de crecimiento radicular se presenta desde octubre hasta enero, mientras que el segundo lo hace desde marzo a mayo. A pesar que normalmente el crecimiento de raíces sigue al crecimiento de brotes, en la Zona Central, generalmente no se presenta crecimiento después del período de brotación de otoño, debido, probablemente, a la baja en la temperatura del suelo. Las raíces de los cítricos crecen de manera significativa con temperaturas superiores a los 13°C en el suelo, con una tasa de crecimiento en aumento lineal desde 17°C hasta 30°C. Estas raíces, por situarse preferentemente en forma superficial en el perfil del suelo, están muy expuestas a rápidos cambios de temperatura y nivel de oxígeno, según la época del año.

Pero el crecimiento de las raíces también puede verse afectado por determinadas situaciones o prácticas de manejo. Por ejemplo, un severo déficit hídrico en el suelo puede determinar un retraso o una paralización en el

desarrollo radicular; lo mismo puede suceder cuando el árbol presenta una carga muy grande, especialmente si ésta va asociada a un debilitamiento del árbol. El daño que se produce en las raíces, con el uso de implementos mecánicos como arados surqueadores y rastras, determina una detención en el crecimiento de las raíces. Sin embargo, se ha observado que las raíces de los cítricos, cuando están sanas y el árbol es vigoroso, presentan una buena capacidad de regeneración, es decir, emitir nuevas raíces desde la zona en que ellas fueron cortadas (Figura 9). Esta emisión de nuevas raíces puede ocurrir tres a cuatro semanas después del corte, cuando éste coincide con un período de crecimiento radicular. Sin embargo, la mutilación de raíces generalmente es negativa (de manera proporcional al porcentaje dañado), puesto que temporalmente se afecta la absorción de agua y de elementos minerales, junto con una disminución de la síntesis de fitohormonas. En determinadas circunstancias y casos especiales, una renovación parcial de raíces puede ser positiva. Sin embargo, la “poda” de raíces, que se realiza con una aradura profunda para este fin, debe hacerse bastante alejada del tronco y comprometiendo sólo un costado del árbol por intervención; los otros costados pueden ser tratados sucesivamente en los años siguientes, según el resultado observado.

PROCESOS REPRODUCTIVOS

En la Figura 10 se presentan los principales estados fenológicos del limonero en el aspecto reproductivo.

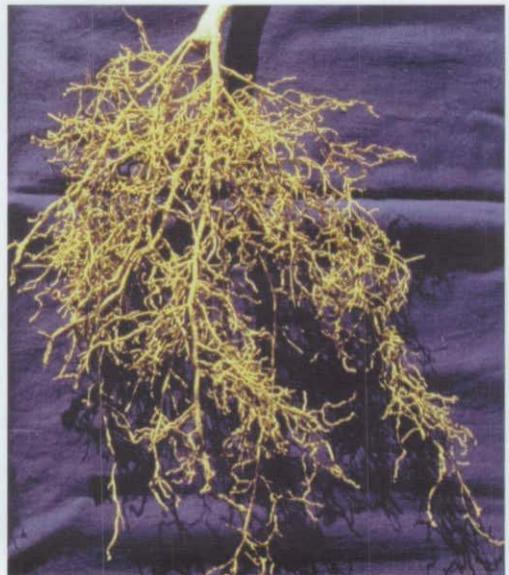


Figura 9. Profusa regeneración de raicillas a partir de un corte en raíz de limonero.



Figura 10. Evolución que presenta el proceso reproductivo en el limonero.

Los estados fenológicos tipo, se presentan en la Figura 11.

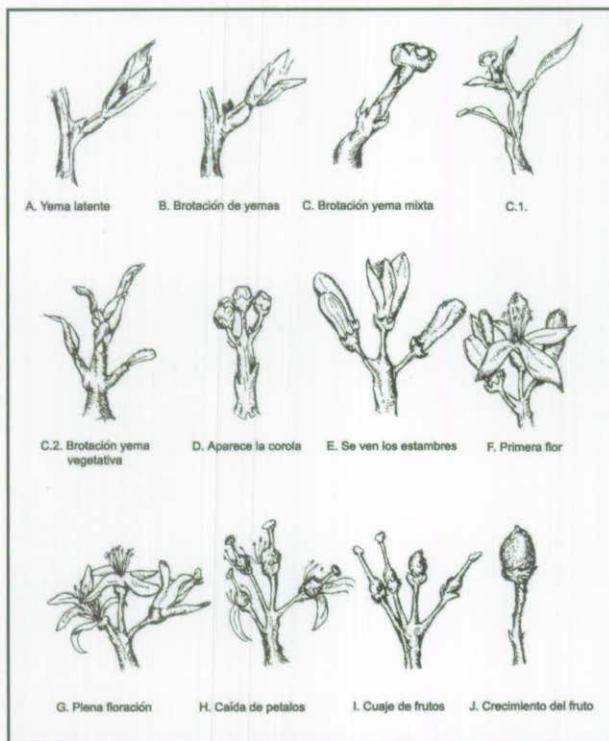


Figura 11. Estados fenológicos tipo del limonero (Según Manteiga y González-Sicilia).

Floración

En la Zona Central de Chile, el limonero, a diferencia del naranjo y mandarino, que florecen exclusivamente en primavera (salvo pequeñas floraciones anómalas que ocasionalmente estas especies presentan en verano u otoño), tiende a emitir flores a través de todo el año. Sin embargo, los principales períodos de floración en el limonero son la primavera, el verano y el otoño (Figura 12), coincidentes con los períodos de crecimiento de brotes. Como se aprecia en dicha figura, en cada ciclo las flores comienzan a aparecer en pequeña cantidad, para luego alcanzar un máximo y disminuir rápidamente en número.



Elaborado por el autor

Figura 12. Períodos de floración del limonero en la Zona Central de Chile.

La floración más intensa es aquella que comúnmente comienza en septiembre y finaliza en diciembre. Esta floración sería inducida durante el invierno, como consecuencia de la escasa actividad vegetativa en ese período. Se ha comprobado que mientras más frío es el invierno (pero sin heladas), mayor es la floración en primavera, lo cual, en cierta medida, haría disminuir las flores en las otras épocas. La segunda floración importante comienza en marzo - abril y termina en julio. Esta floración también sería inducida por la disminución que hay en el crecimiento vegetativo durante el verano. Adicionalmente, suele presentarse una leve floración durante los meses de enero y febrero, después de un corto período de nulo crecimiento de brotes.

Las variedades más reflorecientes, como Eureka y Génova, aunque también tienen su mayor floración en primavera, habitualmente presentan

floraciones de verano y otoño más intensas que en variedades como Lisboa y Fino 49, que tienden a concentrar su floración en primavera.

Cabe mencionar que la inducción floral ocurre inmediatamente antes que se comiencen a diferenciar los primordios florales en las yemas, alrededor de dos a tres meses antes que éstas lleguen a abrirse en forma de flores. Ellas se ubican sobre ramillas formadas la temporada anterior o en brotes mixtos (aquellos que desarrollan hojas y flores simultáneamente, figuras 13 y 14).



Figura 13. Botones florales de limonero, ubicados en ramillas.



Figura 14. Flores de limonero, ubicadas en brote mixto.

La flor, una vez abierta, se mantiene con pétalos sólo durante algunos días. Sin embargo, permanece receptiva a la polinización y fecundación aun después de la caída de pétalos. Se estima que la receptividad del estigma se prolonga durante una semana desde que la flor abre, dependiendo de la temperatura y humedad ambiente. En cuanto a la duración de un ciclo de floración, se ha comprobado que temperaturas bajas durante el período en que se desarrolla, lo prolongan; mientras que temperaturas elevadas lo acortan.

Hay otros factores que influyen en la floración del limonero. Por ejemplo, un estrés hídrico transitorio a comienzos del verano (enero) induce un aumento significativo en la cantidad de flores que aparecen en el otoño. La drástica disminución en la actividad vegetativa, que causa la suspensión del riego hasta producir signos de marchitez en las hojas, provoca una fuerte diferenciación de yemas florales. Si junto con reanudar los riegos, una vez logrado el estrés, se realiza una aplicación de nitrógeno, ya sea al suelo con un fertilizante de acción rápida, o mediante una aspersión foliar con urea de bajo contenido de biureto, el efecto en floración podría ser aun mayor (véase Capítulo 16).

La presencia de una gran cantidad de frutos en el árbol inhibe la inducción de yemas florales. Por este motivo, la eliminación, antes del mes de enero, de una fracción importante de los frutos provenientes de la floración de primavera, puede aumentar la floración de otoño. Este procedimiento, al igual que el del estrés hídrico, antes mencionado, se puede utilizar cuando se desea privilegiar la producción de fruta que se cosecha durante el verano. Sin embargo, esto es más factible con variedades reflorecientes y en climas de invierno benigno. En clima de invierno frío, además del riesgo de heladas que comprometen al fruto recién cuajado en otoño, el árbol tiende a florecer más en primavera, en desmedro de la floración de otoño.

El cuaje de frutos en el limonero, al igual que en la mayoría de los cítricos, es un proceso que normalmente transcurre sin dificultad. La fecundación de los óvulos ocurre fácilmente, debido a la perfección que tienen sus flores hermafroditas y a la sincronización que tiene la maduración de los estambres y el pistilo. El transporte del polen se realiza vía abejas e incluso abejorros, insectos que son muy atraídos por los azahares. También existe contacto directo de las anteras con el estigma, a causa del movimiento que provoca el viento. En el caso del limonero, la polinización se facilita aún más, debido a que normalmente tiene una cantidad de flores supernumerarias, con estambres y sin pistilo, que aumentan la disponibilidad de polen en el huerto (Figura 15).



Figura 15. Flores de limonero. Izquierda: estaminada (sin pistilo); derecha: hermafrodita.

Desarrollo de los frutos

El crecimiento del fruto en el limonero, igual que en las demás especies de cítricos, se ajusta a una curva de tipo sigmoidea simple, la cual se ha dividido en tres etapas. La etapa I corresponde al crecimiento inicial después del cuaje, el cual se desarrolla a través de sucesivas divisiones en las células de los tejidos que conforman el fruto. En la etapa II, el fruto continúa creciendo, pero ya no por división, sino por aumento del tamaño de las células y espacios intercelulares. En la etapa III, si bien el fruto todavía sigue creciendo, lo hace a una tasa menor. En esta etapa, llamada de maduración, se desencadenan los procesos que caracterizan al fruto maduro; éste va cambiando su coloración externa desde el verde hasta llegar al amarillo, e internamente ocurren los cambios bioquímicos hasta alcanzar el equilibrio entre los azúcares y la acidez en el jugo. Además, aumenta la cantidad de jugo.

El fruto de los cítricos corresponde a una baya modificada, llamada hesperidio.

En los primeros estados de desarrollo del fruto, crece fuertemente el pericarpio (cáscara) y, posteriormente, va creciendo con mayor intensidad el endocarpio (Figura 16). En el fruto maduro la proporción entre pericarpio y endocarpio llega al mínimo, consiguiéndose así un máximo rendimiento de jugo.

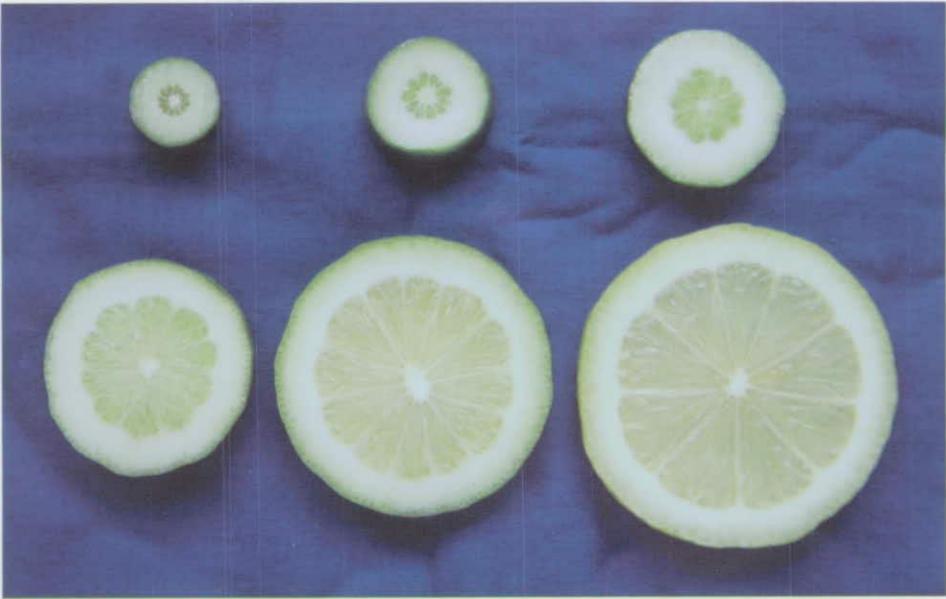
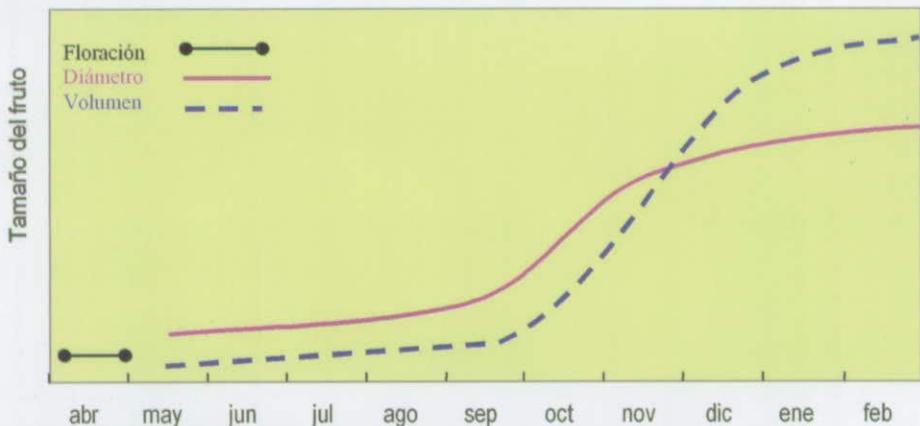


Figura 16. Desarrollo de los tejidos del fruto, conforme éste va creciendo.

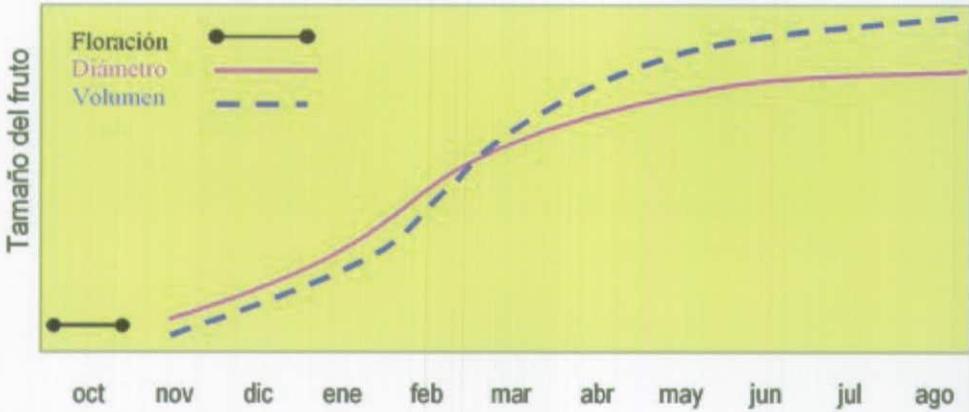
El desarrollo que tiene el fruto del limonero es muy dependiente de la temperatura. Se estima que sólo crece a temperaturas superiores a los 12°C. Éste es el motivo por el cual la curva de desarrollo del fruto es bastante diferente en aquél cuajado en otoño, comparado con el cuajado en primavera (figuras 17 y 18). En estas figuras, que se basan en observaciones realizadas en la Zona Central de Chile, se puede apreciar que en el limón cuajado en otoño, el crecimiento es mínimo durante los meses fríos de otoño e invierno. Sin embargo, a comienzos de primavera, junto con el ascenso de la temperatura, se inicia un rápido crecimiento, el que continúa hasta mediados de verano, fecha en que el fruto es cosechado.



Fuente. B. Razeto y A. Villavicencio. 1996.

Figura 17. Crecimiento del fruto de limón procedente de la floración de otoño.

Por su parte, el limón cuajado en primavera presenta un rápido crecimiento desde el momento mismo del cuaje. Ello porque éste coincide con el inicio del período cálido. Este fruto aumenta considerablemente en tamaño durante el verano y, aunque a un menor ritmo, continúa creciendo en el otoño y el invierno, momento en que es recolectado. Sin embargo, si permanece en el árbol hasta la primavera, termina con un tamaño bastante mayor, aunque con inferior calidad, debido a un proceso de sobremadurez (color amarillo oscuro, cáscara más gruesa, eje central hueco y aroma diferente). (Figura 19).



Fuente. B. Razeto y A. Villavicencio. 1996.

Figura 18. Crecimiento del fruto de limón procedente de la floración de primavera.

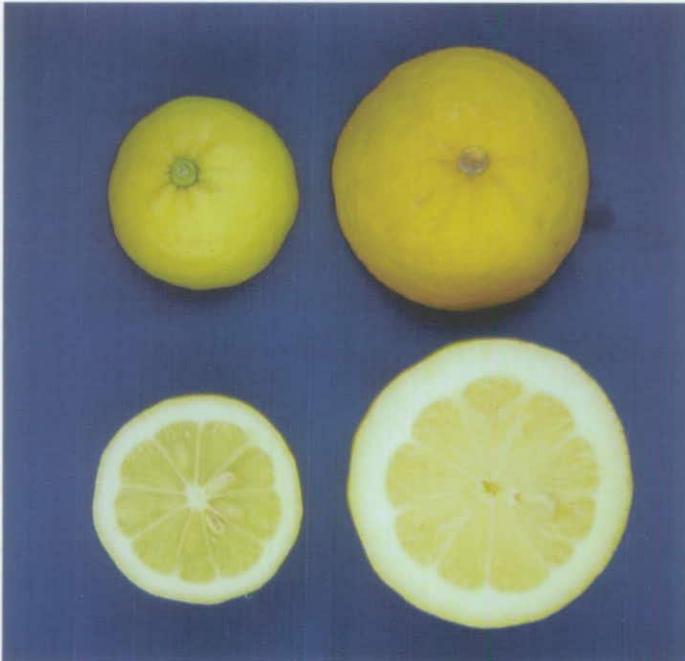


Figura 19. Izquierda: limón maduro; derecha: sobremaduro.

Un factor que también incide en el tamaño final del fruto es el suministro de agua al suelo. Un déficit de agua a nivel de raíces determina una disminución en la tasa de crecimiento, especialmente cuando el fruto se encuentra en su etapa II de crecimiento. La normalización posterior de los riegos hace reanudar el crecimiento, pero no siempre el tamaño perdido se recupera plenamente.

El limonero, como todo árbol frutal, tampoco es ajeno al efecto adverso que sobre el crecimiento del fruto tiene una excesiva carga. En árboles con excesiva fructificación de primavera, la eliminación parcial de frutitos, recién terminada la caída de diciembre, puede aumentar el tamaño de los frutos que permanecen y, tal vez, incrementar la floración de otoño en el limonero. Sin embargo, realizada manualmente, esta práctica resulta lenta y cara, aunque se dirija al raleo de frutos ubicados en la periferia del árbol (que son los más expuestos a deterioro). Una alternativa sería la aspersion del árbol con 3, 5, 6 – TPA, en una concentración de 10 a 15 ppm en agua, a comienzos de enero, ya finalizada la caída natural de diciembre. Sin embargo, el empleo de un fitoregulador, como lo es este producto, requiere de pruebas en pequeña escala, al menos un año, antes de generalizar su aplicación a todo el huerto. Ello, porque los productos hormonales suelen provocar reacciones distintas en el árbol (a veces adversas) según la concentración en que se usan, el vigor de las plantas, la variedad y las condiciones climáticas. Además, se debe verificar la vigencia de su registro para empleo, pues los fitoreguladores están sujetos a crecientes restricciones en los diferentes países.



Figura 20. Izquierda: limón de verano; derecha: limón de invierno, aún en crecimiento.

La época en que el fruto cuaja y crece determina diferencias en éste, al momento de su madurez. Así por ejemplo, el limón cuajado en otoño (que se cosecha durante el verano siguiente) normalmente es más redondo, con un pezón más chico y una cáscara más delgada, más lisa y menos amarilla que el limón que cuaja en primavera (que es cosechado en invierno). Además, el fruto cuajado en otoño suele presentar menos semillas que aquél que cuaja en primavera. Esto, probablemente sea producto de las altas temperaturas durante el desarrollo del tubo polínico, las cuales provocan un crecimiento defectuoso de éste y, por ende, una menor fecundación de óvulos. En la Figura 20 se presentan limones cuajados en ambas épocas.

Caída de frutos

Los frutos del limonero, como los de los demás cítricos, están expuestos a sucesivas caídas durante el tiempo que transcurre desde el cuaje hasta su madurez. Al igual que en las hojas, el fruto presenta dos zonas de abscisión: el punto de unión del pedúnculo con la ramilla y el del pedicelo con el fruto.

Inmediatamente después de la caída de pétalos, normalmente ocurre una significativa caída de frutos muy pequeños. Los frutos, que en ese momento caen con el pedicelo adherido, generalmente se desprenden debido a la competencia que pueda ejercer un exceso de fructificación. Esta caída, que adquiere gran magnitud cuando el árbol florece en exceso, tiene como función liberar al árbol de una cantidad de frutos que no sería capaz de soportar.

La caída de postcuaja puede llegar a ser excesiva, cuando la temperatura reinante en ese momento es demasiado baja o alta.

Transcurridas varias semanas, o a veces dos meses después de la primera caída, normalmente se presenta una segunda caída de frutos. En ese momento caen frutos de un tamaño de uno a tres centímetros de diámetro y lo hacen sin el pedicelo adherido (Figura 21). Esta caída suele ser intensa hacia fines de primavera, razón por la cual se la llama "caída de diciembre". Es de tipo natural y, generalmente es beneficiosa, pues le permite al árbol liberarse del exceso de frutos. Sólo es negativa cuando se acentúa demasiado, a raíz de temperaturas muy altas y/o de un déficit hídrico en el suelo.



Figura 21. Izquierda: frutos de caída de postcujaje; derecha: de caída de diciembre.

Una vez superada la segunda caída, los frutos normalmente se mantienen en el árbol hasta que alcanzan su madurez. Sin embargo, si ellos no se cosechan oportunamente y se dejan demasiado tiempo, terminan por desprenderse en forma natural. En ese instante, el limón está sobremaduro, con un color de piel amarillo intenso, gran tamaño y aroma diferente. En los frutos provenientes de la floración de primavera (y que maduran en invierno), esta caída ocurre a partir del mes de octubre, y ya en diciembre difícilmente sobreviva algún fruto maduro en el árbol. En los frutos cuajados en otoño (y que maduran en verano), la caída se inicia en abril y se puede prolongar hasta mediados del invierno.

Cosecha

En el caso del limonero, la recolección de la fruta se realiza prácticamente durante todo el año. Esto es posible, por un lado, gracias a que hay floración en distintas épocas, lo que, a su vez determina maduración de fruta en distintas épocas; y por otro lado, el limón, a diferencia de otros frutos cítricos como naranja, mandarina y pomelo, se puede cosechar en diversos estados de madurez, sin que se vean afectadas mayormente sus cualidades organolépticas. Como este fruto se consume por su contenido de jugo y la acidez del mismo, sin importar el dulzor, en efecto, se puede cosechar aún inmaduro o sobremaduro. De hecho, para el mercado interno es tradicional el limón comúnmente denominado “cachaña”, que corresponde a un fruto

todavía en proceso de desarrollo, de color externo verde (Figura 190). Este tipo de fruto, que a veces se hace colorear en cámaras de desverdeo a base de etileno gaseoso, y alta temperatura y humedad en el aire (Capítulo 23), llena un período de escasez (mes de mayo) cuando ya no queda limón de verano y todavía no sale el de invierno, que corresponde a los mismos frutos, que todavía no logran su madurez en el árbol. Sin embargo, este limón presenta un menor contenido de jugo, generalmente por debajo del 25 – 30%, que se requiere en un limón de calidad.

También, en el mercado interno es frecuente la cosecha de limón de invierno durante la primavera. Este limón, que al dejarse en el árbol en espera de precio se recolecta bastante sobremaduro, adquiere un color externo amarillo oscuro.

Para fines de exportación, en cambio, el limón debe ser cosechado en un estado de madurez que garantice una óptima calidad y una larga conservación. Esto, generalmente se logra entre los meses de mayo y agosto, cosechando el limón cuando recién ha logrado un color amarillo pálido, en toda su piel. A veces esta operación se adelanta cosechando en un estado denominado como “plateado”, cuando la piel comienza a virar del color verde al amarillo. Sin embargo, en ese momento, el fruto aún no ha completado todo su crecimiento (véase Capítulo 22).

Cabe señalar que el limón de invierno logra coloración externa con rapidez, a veces, incluso antes de alcanzar su plena madurez, debido a que las temperaturas mínimas, en esa época del año, favorecen la síntesis de pigmentos y la degradación de la clorofila, provocado esto último, por la activación de enzimas como la clorofilasa. Por el contrario, el limón de verano, debido a las elevadas temperaturas reinantes, difícilmente logra total amarillez, producto de la mala degradación de la clorofila; puede estar ya maduro, con una coloración verde clara o verde amarillenta.

Capítulo 3

CLIMA

Aunque el limonero crece relativamente bien bajo condiciones climáticas tropicales y semitropicales, la producción mundial, normalmente se encuentra restringida a regiones subtropicales, donde el árbol y el fruto presentan menos problemas de plagas y enfermedades, lográndose una mejor calidad en el fruto. En condiciones más tropicales es sustituido por limeros de fruto ácido (*Citrus aurantifolia* y *Citrus latifolia*), que son especies más adaptadas al clima caluroso y húmedo, allí reinante, y que su fruto tiene similar empleo, aunque es más perecedero.

El limonero no requiere un clima tan caluroso como las otras especies de cítricos, pero, al mismo tiempo, es más sensible a las heladas con la sola excepción de la lima (Figura 22). Se podría afirmar que, bajo las condiciones climáticas “frescas”, que en general prevalecen en Chile, el factor térmico que limita más el cultivo del limonero es la helada. En cambio, se le puede establecer en lugares donde la falta de calor impide un buen desarrollo del árbol y, especialmente del fruto en las otras especies de cítricos. El fruto del limonero no tiene requisitos de concentración de azúcar y equilibrio de éste con la acidez, que condicionan la ubicación geográfica de especies como el naranjo y el mandarino. Al limón se le exige un contenido alto de jugo, cometido que normalmente se logra si se cosecha suficientemente maduro en un huerto bien manejado.

A continuación se analizarán los factores climáticos que mayores perjuicios suelen causar en el limonero en Chile, cuando no se le cultiva en el lugar ideal.

Helada

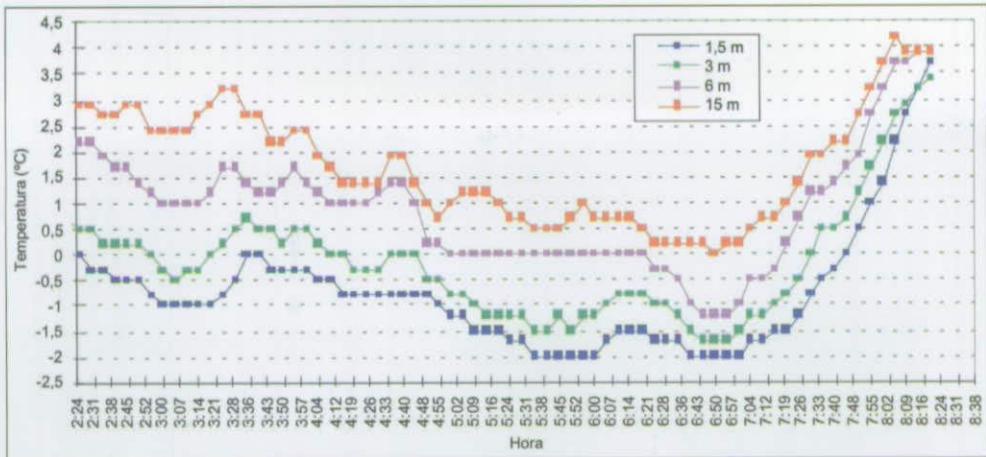
La helada es, sin duda, el fenómeno climático que más afecta al limonero en Chile. Ello se debe, por un lado, a la sensibilidad que esta especie



Figura 22. En primer plano: limoneros severamente dañados por una intensa helada ocurrida dos meses antes; atrás: naranjos de igual edad, sin daños visibles.

tiene en forma natural a la helada y, por otro, a su frecuente establecimiento en lugares proclives a que este accidente climático ocurra. El limonero es particularmente susceptible a las heladas, debido a que es un árbol que tiene una fuerte actividad durante el otoño y el invierno. Tiende a mantener su crecimiento vegetativo hasta avanzada la temporada fría y, además, ésta lo sorprende con frutos en distintos estados de desarrollo. Entonces, sus tejidos vegetativos, así aquéllos reproductivos, quedan muy expuestos a sufrir daños por estas bajas temperaturas, que esporádicamente azotan a numerosos huertos de limonero. Estos huertos generalmente corresponden a aquéllos ubicados en sectores bajos y/o alejados de la influencia marina, donde las posibilidades de que ocurran heladas son mayores, especialmente las de carácter local, causadas por radiación del calor hacia la atmósfera.

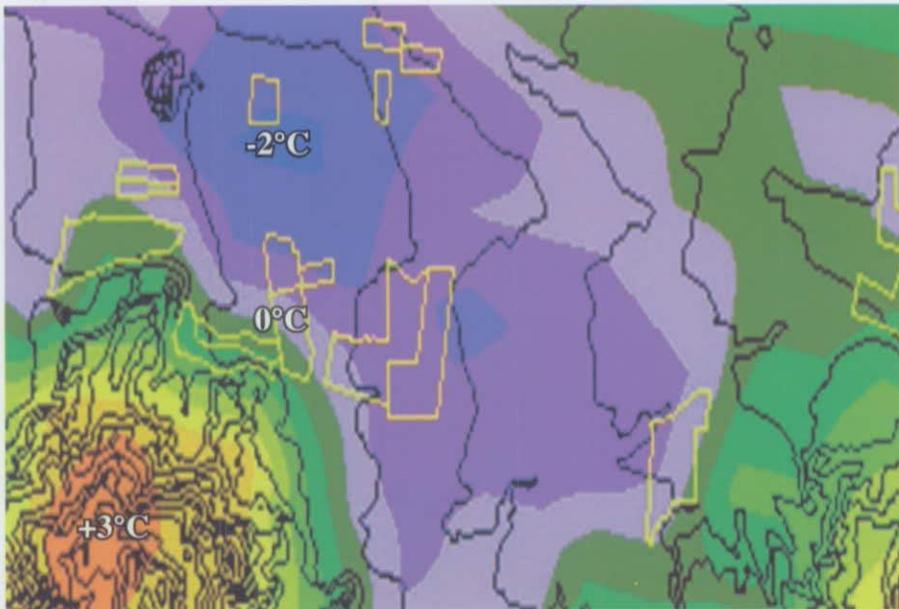
Este tipo de helada es la que ocurre en una noche despejada y sin viento después de un día muy frío. El poco calor que se logra acumular en el suelo durante el día es irradiado durante la noche y, al no tener impedimentos físicos (nubosidad), se pierde en altura. Entonces, la temperatura a nivel del suelo (y de los árboles) va descendiendo hasta que llega a cero grado centígrado, produciéndose la helada (Figura 23).



Fuente: Profesor Fernando Santibáñez, AGRIMED. Facultad de Ciencias Agronómicas, U. de Chile.

Figura 23. Temperaturas registradas a diferentes alturas durante una helada por radiación. De la misma manera, en los lugares más bajos del huerto la temperatura será más baja, dado que el aire frío es más denso.

A modo de ejemplo, aunque no es un lugar apropiado para el limonero, en la Figura 24 se puede apreciar la distribución de la temperatura del aire registrada en lugares de diferente altura, en una helada que ocurrió en la zona de Romeral, VII Región.



Fuente: Profesor Fernando Santibáñez, AGRIMED. Facultad de Ciencias Agronómicas, U. de Chile.

Figura 24. Isotermas que señalan la distribución de una helada, en la localidad de Romeral, VII Región, según el relieve. Se puede incluso apreciar que, en muchos predios (enmarcados con línea color amarillo), se presentaron diferentes temperaturas dentro del mismo predio.

La helada causada por radiación del calor, normalmente afecta con mayor intensidad a la zona más baja del relieve (Figura 24). En la Figura 25 se puede apreciar los severos daños causados por una helada de -6°C , del tipo radiación, en un huerto de paltos, que afectó sólo a los árboles ubicados en la parte baja del huerto, donde se acumuló el aire más frío.



Figura 25. Huerto de paltos "Hass", donde una fuerte helada, ocurrida tres meses antes, dañó solamente a los árboles ubicados en la parte baja y plana del predio.

El otro tipo de helada, por advección, ocurre por desplazamiento de una enorme masa de aire frío, generalmente polar, que invade una extensa zona geográfica, sin respetar mucho la ubicación en que se encuentra la plantación. Afortunadamente, esta helada, que suele causar estragos y contra la cual hay menos posibilidades de defensa, es poco frecuente en la zona donde se cultiva el limonero en Chile.

Mientras más desciende la temperatura por debajo de 0°C , más intensa es la helada y más daño causa en las plantas. Sin embargo, tanto o más que la temperatura, es la duración de la helada el factor que influye en el daño. Mientras antes descienda la temperatura en la noche y más prolongada sea la helada, mayor es la intensidad de sus efectos. Se estima que la helada, para comenzar a producir daño en los tejidos, debe permanecer por más de una hora.

Una helada débil (-1°C) no debería causar daños de importancia en el follaje del limonero. Un chamusco de las hojas nuevas en la punta de los

brotos en crecimiento activo, que suele provocar esta helada, no tiene efectos significativos en el árbol. Si la helada aumenta en severidad, mayor es la edad del tejido afectado y, entonces, más grave es el daño. Una helada puede causar daño en las hojas adultas (-3°C , aproximadamente durante 2 a 3 horas), en la corteza de las ramillas (-5°C , aproximadamente durante 3 a 4 horas), en la corteza de las ramas (-6°C , aproximadamente durante 4 a 5 horas) y, en la raíz, cuando la intensidad de la helada es extrema (-9°C aproximadamente durante más de 6 horas). En este último caso el árbol puede morir. En las figuras 26 y 27 se puede observar síntomas de daño de helada en la parte vegetativa del árbol. Sin embargo, la susceptibilidad del árbol a estas temperaturas depende de algunos factores, como su grado de "endurecimiento", su vigor, su carga de frutos y su estado sanitario o nutricional.



Figura 26. Helada que causó solamente quemaduras en las hojas tiernas ubicadas en la punta de los brotes.



Figura 27. Una helada intensa puede dañar las ramas y ramillas, causando agrietamiento en la corteza.

El árbol que ha logrado endurecer sus tejidos, debido a una paulatina adaptación a las bajas temperaturas, por acumulación de azúcares y almidón, es más resistente al efecto de las heladas (en un par de grados) que aquel que es sorprendido por las primeras heladas de otoño, cuando todavía está en plena actividad metabólica.

Por otro lado, un árbol vigoroso y sano es capaz de tolerar la helada mejor que aquél debilitado, o con algún problema sanitario o nutricional, o con exceso de carga. Además, el árbol vigoroso presenta mejor recuperación una vez pasado el período de heladas.

En cuanto al efecto de la edad, el árbol joven, en sus primeros años de desarrollo, es menos resistente que el adulto pues, junto con poseer tejidos más tiernos, presenta una menor masa de follaje que lo proteja y, además, sus tejidos están ubicados más cercanos al suelo, donde el impacto de la helada es mayor. Adicionalmente, los periodos de crecimiento vegetativo son más extendidos en el tiempo. Sin embargo, en el árbol nuevo hay mayores posibilidades de aplicar métodos económicos de protección.

Por su parte, los órganos reproductivos son muy sensibles a la helada. En el caso del limonero, las temperaturas aproximadas a las cuales, generalmente comienza a haber daño, en cada estado fenológico son: botón floral: $-2,8^{\circ}\text{C}$; flor abierta: $-2,5^{\circ}\text{C}$; frutos recién cuajados: $-1,0^{\circ}\text{C}$; frutos en crecimiento: $-1,5^{\circ}\text{C}$; frutos maduros: $-1,0^{\circ}\text{C}$. Para que estas temperaturas sean nocivas deben permanecer más de una hora. En las figuras 28, 29 y 30 se muestran los síntomas que pueden presentar los frutos afectados por helada, en distintos estados de desarrollo. En el limón maduro la helada causa deshidratación interna y aparición de cristales de hesperidina que da color blanco al jugo y sabor amargo.

Protección contra las heladas

La mejor manera de protegerse de las heladas se basa en la elección de un terreno que no esté sujeto a que ellas ocurran. Por tal motivo, antes de plantar el huerto, o antes de adquirir el terreno, es necesario conocer, con la mayor certeza posible, su susceptibilidad a heladas, tanto en frecuencia como en intensidad.



Figura 28. Frutos cuyo desarrollo fue truncado por una fuerte helada.



Figura 29. Frutos que fueron dañados por una helada que ocurrió cercana a su madurez.

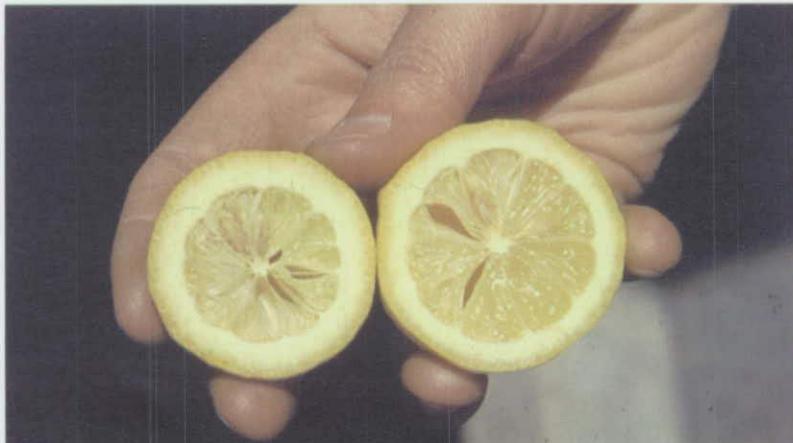


Figura 30. Frutos maduros dañados por helada. Nótese la deshidratación interna.

Para ello, lo ideal es recurrir a información “histórica”, que contemple un período de, al menos, 10 años en el lugar. Pero, como ya se indicó, incluso dentro del predio, puede haber sectores más proclives que otros a la helada. La manera de detectar estas diferencias consiste en la instalación de termómetros de máxima y mínima o de registradores digitales en distintos lugares del predio, en la época de heladas. Estos instrumentos se deben colocar en casetas meteorológicas para evitar el efecto de factores distorsionantes, especialmente el impacto directo del sol (Figura 31).



Figura 31. Caseta meteorológica en un huerto de limoneros.

Si el huerto se ha establecido en un lugar con posibilidades de que ocurran heladas significativas, entonces será necesario adoptar medidas de protección. A continuación se describen algunas opciones, cuya adopción dependerá de la edad de los árboles, la intensidad de las heladas y, principalmente, la rentabilidad esperada.

En plantas jóvenes, de primer y segundo año en el huerto, un procedimiento práctico consiste en cubrir el arbolito con un material aislante como la caña de maíz u otro similar, en forma de un cono (Figura 32). Las cañas se colocan levemente enterradas en el suelo, no demasiado tupidas (para que entre algo de luz) y se atan en su punta. La ruca se instala poco antes que comience el período de heladas y se debe mantener hasta que éste pase. En ocasiones se recurre a pintorescos sistemas de protección (Figura 33).

La cobertura con polietileno hasta el suelo no es efectiva y, además, puede causar un ascenso excesivo de la temperatura, al interior de la cubierta, en días de sol.



Figura 32. Limoneros de un año, protegidos de la helada con cañas de maíz.



Figura 33. Limoneros cubiertos con sacos de malla plástica, como sistema de protección contra eventuales heladas. Sin embargo, la cubierta herbácea presente, como se verá más adelante, no ayuda en tal sentido.

El riego por microaspersión también es una opción para prevenir daño por heladas en plantas jóvenes. Sin embargo, para que sea efectivo, debe mojar uniformemente todo el follaje de la planta o, al menos, el tronco y las ramas, sin dejar sectores desprotegidos, pues, para que sea efectivo, el agua debe congelarse sobre los tejidos. Generalmente, el agua de pozo posee mayor temperatura que la de canal y, por lo tanto, es algo más efectiva, pues al calor que desprende el agua al congelarse (que es el más significativo, al desprender 79,4 cal/g de agua), debe agregarse el calor que aporta al bajar su temperatura original hasta el punto de congelación.

Un sistema más sofisticado, pero de alto costo, utilizable tanto en plantaciones jóvenes como en huertos adultos, consiste en la hélice (o máquina de viento) (Figura 34).

Figura 34. Hélice accionada con motor a combustión, instalada en un huerto de paltos.



La máquina de viento, cuya hélice gira en 360°, accionada por un motor eléctrico o a combustión, protege aproximadamente cuatro a seis hectáreas. Ésta basa su efecto en la mezcla del aire de la capa superior, que está más caliente, con el de la inferior, más frío, que existe en las heladas causadas por radiación (no funciona cabalmente en la helada causada por advección e incluso puede aumentar la helada cuando la temperatura es más baja arriba).

Con este sistema es posible elevar hasta en 2°C la temperatura a nivel de los árboles, siempre y cuando en el lugar exista una fuerte inversión térmica (4 a 5°C más a 15 m de altura que a nivel del suelo).

Debido al alto costo que tiene este sistema, su utilización debe estar condicionada a un estudio de factibilidad meteorológica (realizado por expertos en la materia) y económica.

Para mayor seguridad, la máquina de viento se puede complementar con la instalación de calefactores, cuyo empleo dependerá del costo y de la posible contaminación atmosférica que puedan causar. Su uso está sujeto a restricciones de carácter medioambiental. Similar situación presenta el empleo de hélices en predios cercanos a sectores habitacionales, debido al ruido que emiten.

El manejo del suelo constituye una opción interesante en la lucha contra las heladas. Se ha comprobado que en una helada causada por radiación, la temperatura del aire en el huerto puede subir en uno a dos grados, cuando el suelo en el mismo se encuentra firme, húmedo y libre de vegetación herbácea o malezas. La ausencia de una cubierta herbácea permite que el sol caliente el suelo durante el día. Este calentamiento es mayor en un suelo húmedo y no mullido, pues el aire incorporado en un suelo seco y mullido, no es capaz de acumular calor. El calor que se acumula en el suelo durante el día es liberado por radiación en la noche, ayudando a evitar que se produzca la helada o, al menos, a disminuir su intensidad. Para las heladas que habitualmente ocurren en la zona donde se cultiva el limonero en Chile, uno o dos grados más de temperatura pueden significar la diferencia entre salvarse o no de los efectos de la helada.

De más está mencionar la conveniencia de adelantar la cosecha (en la medida que la madurez del fruto lo permita) de modo de evitar su exposición a las heladas más severas, que generalmente ocurren en pleno invierno. También está la posibilidad de "florear" los árboles, iniciando la cosecha con los frutos que maduran primero, los cuales normalmente se ubican en la parte exterior del árbol y que, además, están menos protegidos del frío que aquellos que se encuentran al interior de la copa.

Finalmente, es necesario mencionar la utilidad que tiene el registrar diariamente las temperaturas en el huerto durante la temporada de heladas. Estas mediciones deberían incluir la evolución de la temperatura, para determinar la intensidad y la duración de una helada, y así estimar los posibles

daños según el estado fenológico de los árboles. Más obvia aún es la necesidad de registrar temperaturas cuando en el huerto se utiliza algún sistema de prevención de helada. En el caso de la máquina de viento, ésta, generalmente incluye un medidor de temperatura, que automáticamente da la señal de inicio de funcionamiento (normalmente a los 1°C u otra temperatura que se fije, superior a la que causa daños, considerando que la acción protectora no es inmediata). Este medidor de temperatura también se puede adquirir con una alarma, para utilizarlo independientemente de la máquina.

Tratamiento del árbol dañado por helada

El impacto visual que produce un huerto dañado por una helada es tan fuerte, que muchas veces lleva a reaccionar precipitadamente. Por lo general, se procede a podar de inmediato, para eliminar las partes dañadas de los árboles, e incluso, en el caso de daños muy severos, a arrancar el huerto. Sin embargo, la experiencia señala que se debe esperar un tiempo suficiente, para evaluar serenamente los daños y para que éstos se expresen plenamente. Generalmente, es preferible esperar que pase la época de heladas y actuar a fines del invierno. En el caso de árboles donde sólo se han quemado las hojas ubicadas en las puntas de los brotes, generalmente no es necesario intervenir, pues el nuevo crecimiento de primavera ocultará los tejidos dañados y los árboles seguirán creciendo normalmente.

En árboles con daños estructurales, es decir con ramillas e, incluso, parte importante de las ramas muertas, lo normal es realizar una poda eliminando toda la madera dañada. Si el árbol estaba en buenas condiciones antes de la helada, normalmente responderá brotando profusamente a partir de las yemas vegetativas latentes. La respuesta suele ser sorprendente. En las figuras 35, 36, 37 y 38 se presenta la evolución experimentada por un huerto de limoneros que, después de ser afectado por una severa helada, se optó por mantenerlo, aunque en primera instancia la decisión había sido su arranque.

Ahora bien, en el caso de un huerto en producción, cuya fruta madura es sorprendida por una helada, lo que corresponde es esperar un par de semanas con los frutos en el árbol para verificar si ellos fueron dañados y, en tal caso, asumir la pérdida.



Figura 35. Huerto de limoneros de dos años, severamente dañados por una inusual helada de -6°C , que había ocurrido tres meses antes. Nos, Región Metropolitana.



Figura 36. A fines del invierno se inició la poda de los árboles, eliminando la madera muerta.



Figura 37. Cuatro meses después de la poda, los árboles se encontraban en franca recuperación.



Figura 38. Los mismos árboles, al año siguiente.

Viento

Después de las heladas, probablemente sea el viento el fenómeno climático que más limita el cultivo del limonero en Chile. Además de la deformación que experimenta la copa, con una mayor cantidad de follaje en la mitad del árbol opuesta al impacto del viento, las hojas sufren daños debido al roce entre ellas, con alguna rama o espina (Figura 39). El viento también reduce la actividad fotosintética del follaje, disminuyendo la inducción floral, el tamaño de los frutos, y el crecimiento vegetativo.



Figura 39. Hojas de limonero, deformadas por efecto del viento, cuando se encontraban en desarrollo.

Sin embargo, es el fruto el órgano que más acusa el daño causado por el viento. El roce del fruto con las hojas, ramas y espinas, que produce el movimiento causado por el viento (comúnmente llamado “ramaleo”), corresponde a una formación de manchas casposas en la epidermis del fruto, que lo afectan estéticamente (Figura 40). Si bien, éste no se deteriora internamente, la apariencia externa lo descalifica para la exportación e, incluso, en el mercado interno si el daño es de consideración. El descarte de frutos puede ser muy significativo en huertos sujetos al azote del viento, de manera proporcional a la intensidad de éste. Los frutos ubicados en la parte exterior del árbol son los más expuestos a este problema. Se estima que una velocidad del viento de 30 km/h, ya puede causar daño significativo.



Figura 40. “Ramaleo”, causado por el viento.

Si se opta por plantar el limonero en lugares expuestos al viento (pues frecuentemente son menos afectados por heladas), se deberá tomar las providencias del caso. Entre éstas: la plantación del árbol levemente inclinado hacia la dirección de donde proviene el viento dominante y con el injerto orientado en el mismo sentido; el empleo de tutores que sostengan al árbol en posición vertical, al menos durante los dos primeros años; la formación del árbol lo más baja posible. Sin embargo, la manera más eficaz de protección se encuentra en la instalación de cortinas cortaviento. Éstas pueden ser de malla de plástico tipo Ruschell (Figura 41) o bien, estar constituidas por árboles siempreverdes, de crecimiento erecto y rápido desarrollo. Una especie comúnmente utilizada es Casuarina, la cual se debería plantar con anticipación al establecimiento del huerto o, en el peor de los casos, simultáneamente. En general, se estima que una cortina protege lateralmente ocho a diez veces su propia altura, aunque el cubrimiento puede variar entre cinco y 20 veces según la velocidad del viento, la temperatura y otros factores. En el caso de instalación de cortinas en serie, se puede adoptar una distancia mayor entre ellas. La densidad de la barrera, sea natural o de malla, normalmente debe ser de 50 a 60%. La cortina muy densa permite que el viento pase por encima y luego baje rápidamente, provocando turbulencia al interior de la plantación. Las cortinas de malla sintética presentan la ventaja de su efecto inmediato, además de ocupar menos espacio y no competir con el cultivo a nivel de raíces o de follaje con su sombra. Sin embargo, en momentos de mucho viento deben ser recogidas o levantadas para evitar su destrucción. También es posible recogerlas para favorecer el movimiento de aire, cuando hay riesgo de helada.



Figura 41. Cortinas cortaviento, a base de malla de plástico, en un lugar expuesto al viento.

Un factor que puede condicionar la instalación de cortinas cortaviento es la presencia de heladas. Si la cortina se ubica atajando el aire frío, que causa la formación de las heladas (y que normalmente proviene de una zona más alta), ella será positiva al permitir la acumulación de aire frío antes que éste ingrese al huerto. En cambio, si se ubica al final del huerto, aumentará el riesgo de helada en éste al impedir que el aire frío escurra hacia lugares más bajos.

Una protección temporal contra el viento en plantas jóvenes, se puede lograr colocando un trozo de malla de plástico, individualmente frente a cada planta, que la protegerá durante un par de años. Esta práctica permite el movimiento de aire entre hileras, con el consiguiente beneficio para prevenir helada.

Granizo

Este fenómeno climático es poco frecuente en la zona limonera chilena y, si ocurre, suele ser de poca magnitud. Por lo tanto, no se requieren las onerosas inversiones que, en algunas regiones del mundo, son necesarias para evitar el enorme daño que él puede causar.

No obstante lo anterior, eventualmente, una granizada puede provocar algún tipo de daño en las ramillas, follaje y, principalmente en los frutos (Figura 42). Los frutos más expuestos, que reciben directamente el impacto del grano de hielo, pueden desarrollar lesiones en la piel que, aunque no afectan la calidad interior del fruto, sí lo descartan para su comercialización al estado fresco.



Figura 42. Daño de granizo en fruto y ramilla de limonero.

Nieve

La nieve, en sí, no suele causar daños por baja temperatura, pues ella difícilmente baja de los 0°C. En cambio, puede provocar estragos en el huerto, debido al quiebre de ramas que puede causar con su peso al acumularse en cantidad sobre el follaje (Figura 43).



Figura 43. Limonero con sus ramas quebradas, por efecto de una nevazón anterior.

En huertos de pequeña extensión, esto se puede evitar eliminando, oportunamente, la nieve mediante sacudimiento de las ramas. Pero, en general, el problema no tiene solución y, por lo tanto, se debe evitar el establecimiento del huerto en lugares expuestos a este fenómeno climático. Los riesgos de nevazón aumentan de mar a cordillera y, también, a medida que aumenta la elevación sobre el nivel del mar. El escape de las heladas, que significa la plantación en lugares elevados, debe considerar el factor nieve que, tarde o temprano, la naturaleza suele imponer.

Lluvia y llovizna

Estos factores climáticos no suelen causar problemas de consideración en el limonero, salvo en lo que puede significar la interrupción de las labores en el huerto. El limonero es un árbol adaptado a las precipitaciones. Incluso, debido al largo período de floración y a la longevidad del estigma, la lluvia no interfiere mayormente en la polinización, a diferencia de lo que ocurre en muchas especies frutales.

Un inconveniente que puede causar una lluvia o llovizna, es el mojado de los frutos maduros. Éstos no pueden ser cosechados sino hasta que se sequen en el huerto, pues el humedecimiento provoca una alta turgencia en la cáscara, lo cual expone al fruto al problema de “oleocelosis” en su manejo de postcosecha. Esta precaución es especialmente válida en la fruta para exportación (véase Capítulo 21).

Precipitaciones frecuentes, en el período de floración y cuaje de frutos, pueden causar desarrollo de moho gris (*Botrytis cinerea*), que afecte la cuaja o la calidad del fruto. Si estas precipitaciones se desencadenan en el período de maduración de los frutos puede ocurrir una fuerte pérdida de éstos, debido al desarrollo de pudrición parda (*Phytophthora citrophthora*). Ambas enfermedades fungosas son tratadas en el Capítulo 19.

Considerando la importancia que tiene el clima en el comportamiento del árbol, y que no es fácil ni barato luchar contra sus manifestaciones, es indispensable conocer, exactamente, las condiciones climáticas existentes en el lugar elegido para la plantación. Para ello, se puede recurrir a información “histórica” que exista en el predio o en sus cercanías, y a mediciones realizadas en el terreno mismo, al menos el año anterior a la plantación. La observación e información de huertos vecinos o, incluso, de árboles aislados que puedan existir en las cercanías, suele ser de enorme utilidad.

Capítulo 4

SUELO

El limonero, como las otras especies de cítricos, requiere de un mínimo de 50 cm de suelo, con buen drenaje en el subsuelo. No debe existir napa de agua freática que suba más de 1,5 m desde la superficie del suelo (Figura 44). Si ello ocurre se deberá prescindir de la plantación, o bien, confeccionar drenes antes de la plantación, según las instrucciones de un especialista. Si la profundidad del suelo es menor, podría ser necesario plantar sobre camellones, siempre que el subsuelo tenga buen drenaje. Sin embargo, la confección de los camellones tiene un alto costo y, además, ellos dificultan y encarecen las diferentes prácticas de manejo del huerto, incluyendo la cosecha que, en el caso del limonero, se realiza reiteradamente durante el año.

Figura 44. Corte vertical de un suelo con napa freática alta.



En la Figura 45 se presenta un perfil de suelo carente de limitaciones de orden físico. En cambio, en la Figura 46, se aprecia un suelo con insuficiente profundidad sobre el material generador rocoso.

Se debe evitar los suelos con estratas impermeables, que impiden el desarrollo de las raíces y el drenaje del agua (Figura 47). Tampoco son recomendables los suelos estratificados, donde se alternan, abruptamente, capas de suelo de textura muy diferente, pues el



Figura 45. Corte vertical de un suelo sin limitaciones físicas.

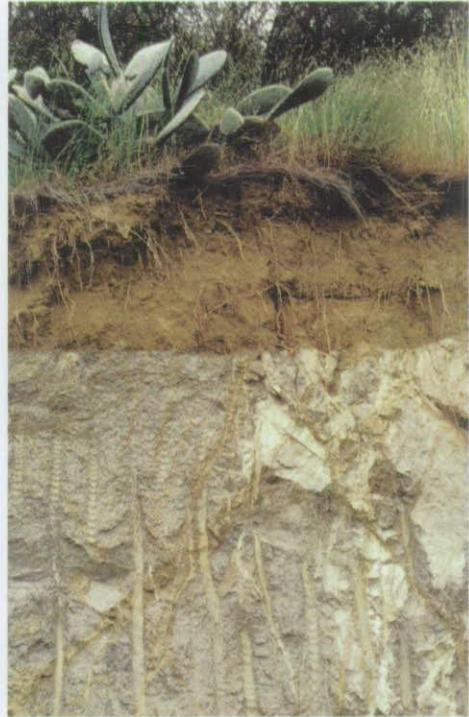


Figura 46. Corte vertical de un suelo con insuficiente profundidad, sobre la roca.



Figura 47. Corte vertical de un suelo con una delgada estrata impermeable (tosca blanca).



Figura 48. Corte vertical de un suelo muy estratificado.



Figura 49. Corte vertical de un suelo sobre un subsuelo calizo.

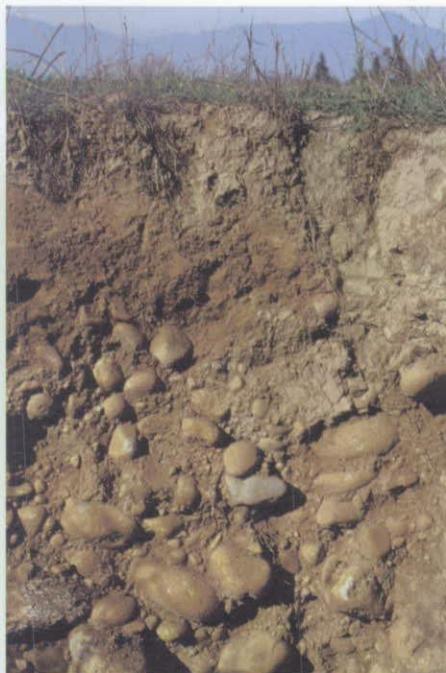


Figura 50. Corte vertical de un suelo sobre un subsuelo pedregoso. Este tipo de suelo, generalmente es apto para los frutales.

agua no pasa fácilmente de una estrata a otra, causando problemas de asfixia de raíces debido a la saturación con agua que allí ocurre (Figura 48). En este caso, se podría establecer el huerto siempre que, antes de la plantación, se realice un movimiento profundo de tierra, con maquinaria pesada, para mezclar las estratas.

Aunque la textura ideal es la franca o francoarenosa, el limonero tolera suelos arenosos (especialmente con sistemas de riego “presurizado”, término empleado para referirse al riego por goteo o por microaspersión, en que el agua se suministra, localizadamente, en bajo volumen y alta frecuencia). También tolera aquéllos con un razonable contenido de arcilla (no más de 50%). En suelos arcillosos, con alta capacidad de retención de agua, generalmente ocurren serios problemas de asfixia y pudrición de raíces (véase Capítulo 13).

Otro tipo de suelo que debe descartarse es aquél con alto contenido de carbonato de calcio (sobre 8%) pues, si se planta allí, seguramente aparecerán problemas de clorosis férrica en los árboles. En la Figura 49 se puede observar un suelo con este problema.

La presencia de abundantes piedras en el suelo (dentro de ciertos límites) no suele ser problema, especialmente cuando se emplean sistemas de riego “presurizado” (figuras 50 y 51) .



Figura 51. Huerto de limoneros en un suelo muy pedregoso, donde un adecuado manejo del fertirriego, permite un normal desempeño de los árboles. Hijuelas, V Región.

El pH del suelo debería situarse entre 5,0 y 8,5, siendo 6 a 7,5 lo ideal. La conductividad eléctrica no debería superar los 2,5 dS/m a 25°C en el extracto de saturación. Por su parte, la concentración de iones en el extracto de saturación no debería exceder los 10 meq/L (350 mg/L) en el caso de cloruro, 10 PSI (porcentaje de sodio intercambiable) en el caso del sodio, y 0,9 mg/L en el caso del boro.

Al momento de conocer las características del suelo a plantar es conveniente verificar cuál es el patrón (portainjerto) que más se adapta a ellas, sin olvidar otros requisitos que pueda tener la elección del mismo (véase Capítulo 10).

Una recomendación principal es conocer bien las características del suelo antes de tomar la decisión de adquirir o destinar un terreno para la plantación del huerto. Para ello, lo primero es realizar una o más calicatas (según la extensión y la variabilidad del terreno) de 2 m de profundidad. En ellas se podrá estudiar el perfil del suelo y las posibles limitaciones de carácter físico

que existan. La ausencia o presencia de raíces vivas, a partir de determinada profundidad, suele indicar si existen o no limitaciones para el desarrollo de las raíces del árbol frutal que se desea plantar.

Las propiedades químicas del suelo se podrán conocer enviando muestras representativas, tomadas a dos profundidades (0 a 30 cm y 30 a 60 cm), para su análisis al laboratorio. Muy recomendable es solicitar la asesoría de un especialista, para contar con la información necesaria antes de embarcarse en la inversión, de largo plazo, que significa la plantación de un huerto. El especialista, además señalará las posibles limitaciones existentes en el suelo y, según ello, recomendar o no la plantación y el manejo que se deberá dar al suelo antes de la plantación para un óptimo desarrollo de raíces y del árbol.

Capítulo 5

AGUA DE RIEGO

Debido a la susceptibilidad que los cítricos, y la mayoría de los frutales, presentan a la salinidad, la principal variable a conocer en el agua de riego es su contenido de sales.

Para el limonero, la conductividad eléctrica en el agua de riego no debería exceder los 2 dS/m. Niveles superiores a esta cifra obligan a aplicar una cantidad adicional de agua en cada riego (proporcional a la salinidad del agua), para el lavado de sales en profundidad (véase Capítulo 13).

Por otra parte, la concentración de cloruro en el agua no debería pasar de 10 meq/L (350 mg/L) y la de boro los 0,7 mg/L. Cifras superiores pueden causar fitotoxicidad (Figura 52).



Figura 52. Hojas de un árbol cítrico afectado por toxicidad de boro.

En cuanto al sodio, el PSI no debería superar el 8%.

Sin embargo, los límites de tolerancia pueden variar según las características del suelo (suelos ricos en sulfato de calcio toleran niveles de salinidad algo mayores), el sistema de riego (el riego “presurizado”, al mantener el suelo más húmedo, permite que las sales se encuentren algo más diluidas a nivel de raíces), y el patrón. En relación a este último, *Citrus macrophylla* puede proporcionar una tolerancia algo mayor (probablemente un 30%) que la señalada para cloruro y boro.

En el caso de riego “presurizado”, se debe tener especial cuidado al utilizar aguas ricas en sales que puedan obturar los emisores. La presencia de carbonatos y bicarbonatos, en concentración superior a 2 - 3 meq/L (100 - 150 mg/L), puede hacer necesaria una continua acidificación del agua. Sobre 4 meq/L (200 mg/L) la acidificación se hace obligatoria, materia que deberá ser afinada por el especialista, según las condiciones presentes.

Un aspecto que también requiere atención se relaciona con el grado de contaminación que pueda tener el agua de riego. Desechos de la minería, la industria o de la población pueden llegar a causar problemas, cuando determinado elemento fitotóxico, que contengan, contamina las aguas en cantidad suficiente como para que, a través de los sucesivos riegos, se acumulen a niveles nocivos en el suelo. Los suelos tienen una cierta capacidad de atenuar o neutralizar compuestos fitotóxicos y, por su parte, las raíces tienen determinada capacidad selectiva para evitar la absorción de ellos. Sin embargo, estas capacidades son superadas cuando el nivel de contaminación es mayor. Todo esto, sin considerar el impacto ambiental que tiene el uso de esta agua que, en muchos casos, llega a ser irreversible en el suelo, y el posible efecto que pueda tener en la salud humana.

Finalmente, es de la mayor importancia verificar si se cuenta con la dotación de agua suficiente para abastecer el riego de la plantación, especialmente en años de sequía. Se debe considerar la necesidad de agua durante todo el año y, también, que la cantidad de agua necesaria para el riego va aumentando, fuerte y progresivamente, con la edad y desarrollo de los árboles. Un limonero adulto puede consumir más de 200 litros diarios de agua, en la época del año de mayor demanda por la evapotranspiración.

Capítulo 6

PLANTACIÓN

Previo a la plantación, generalmente, se debe realizar algunas labores de preparación del suelo. Por ejemplo, si hay restos de raíces leñosas o si existen estratas impermeables, como el “pie de arado”, será necesario subsolar en suelo seco, con maquinaria pesada. Si hay problemas de mal drenaje, superables, se deberán confeccionar los drenes necesarios. Si es estrictamente necesario, se podrá confeccionar camellones, alternativa más factible en terrenos planos (véase Capítulo 8).

Luego viene el trazado del huerto, considerando la necesidad de caminos, desagües, cercos, etc.

El hoyo de plantación se puede hacer con herramientas manuales o con máquina. Deber ser algo más grande que el volumen de sustrato que trae la planta de vivero (generalmente se hace de 30 x 30 ó 40 x 40 cm), pero sólo unos 5 cm más profundo que la altura del sustrato en el contenedor.

Para la plantación, se retira la bolsa de plástico, se sueltan las raíces del fondo y, si es necesario, se sacude un poco el sustrato en la parte superior, donde hay raíces fibrosas. La planta se coloca alineada y a una altura determinada, procurando que la unión patrón-injerto quede lo más alta posible, pero sin dejar raíces expuestas al aire. Luego se llenan los espacios con tierra suelta y mullida, la cual se va apisonando suavemente, hasta cubrir totalmente el hoyo. No se recomienda colocar fertilizantes en el hoyo de plantación, pues suelen causar fitotoxicidad. Éstos se comenzarán a aplicar varias semanas después de la plantación, generalmente cuando las plantas empiezan a crecer vigorosamente. Una excepción a esta norma la constituye el superfosfato triple, fertilizante que, en dosis de 50 g por planta, se suele aplicar al momento de la plantación, bien mezclado con el suelo. El fósforo que se incorpora puede estimular el crecimiento inicial de las raíces. Una alternativa de actuali-

dad, consiste en la inoculación del suelo con micorrizas, las cuales favorecen la absorción del fósforo y otros nutrientes por parte de las raíces.

Una vez plantado, se procede a regar con abundante agua, para eliminar bolsillos de aire y mejorar el contacto de las raíces con el suelo. Después del riego, se deberá rellenar con más suelo si hubo hundimiento.

Es conveniente colocar un tutor a cada planta, y un cilindro holgado de cartulina u otro material más resistente, en el tronco. Éste tiene por objetivo proteger al tronco, en lo posible en toda su extensión, del golpe de sol, ataque de conejos y roedores, y posible exposición a herbicidas (Figura 53). Incluso puede ser necesario pintar los tronquitos con látex blanco, diluido con un 20 – 30% de agua, para evitar daño por sol.

Figura 53. Protección del tronco en limoneros plantados en camellones. Mallarauco, Región Metropolitana.



Durante los primeros meses se deberá regar, generalmente, una a tres veces por semana, dependiendo de la capacidad de retención de agua que tiene el suelo. Si es necesario, será preciso confeccionar una pequeña taza para asegurar que el agua llegue a las raíces. Una vez que las raíces salen del sustrato, que traían desde el vivero,

y las plantas comienzan a crecer decididamente, se procede al riego (o fertirriego), según la demanda de agua y nutrientes.

En el primer año, se debe tener especial cuidado de controlar las malezas en el sector de cada planta. Debido a la susceptibilidad de la planta joven a la mayoría de los herbicidas, esta labor se realiza, general y cuidadosamente, a mano.

Época de plantación

La época normal de plantación del limonero, como en la mayoría de los frutales de hoja persistente, corresponde a la de salida del invierno, normalmente el mes de septiembre (y hasta fines de octubre). En ese momento ya ha pasado el riesgo de que ocurran heladas y, además, el árbol está pronto a iniciar el crecimiento de primavera. Sin embargo, en zonas exentas de heladas, la plantación se puede adelantar al otoño, con lo cual el árbol iniciaría mejor su desarrollo en la primavera.

La plantación durante el verano, aunque se puede realizar, no es muy aconsejable, pues la planta tierna, proveniente del vivero, queda muy expuesta al calor e impacto directo del sol.

El arbolito recién establecido en el huerto puede comenzar a crecer luego. Sin embargo, mientras las raíces no crezcan lo suficiente como para salir del cubo de sustrato que trae del vivero, el crecimiento será débil y de corta duración. Cuando las raíces comienzan efectivamente a explorar el suelo del huerto, pronto aparecerá un crecimiento vigoroso de brotes. Sin embargo, este crecimiento presenta varias detenciones durante el verano, para paralizarse en el invierno y reanudarse a inicios de primavera.

Replantación

Debido a la disponibilidad, cada vez menor, de suelos para el cultivo de frutales, es frecuente la plantación de terrenos previamente ocupados por huertos de la misma especie, que ya cumplieron su vida útil. Sin embargo, los cítricos, como muchas especies frutales, están expuestos al problema de replantación, es decir, un pobre o nulo desarrollo de las plantas cuando éstas se ubican en un suelo recientemente liberado de árboles adultos de la misma especie, los cuales fueron arrancados.

Si se insiste en plantar un cítrico, específicamente el limonero, en este tipo de terreno, existen fundamentalmente dos alternativas. Una, consiste en dejar en reposo el suelo por dos o tres años, cultivándolo con una especie anual del tipo cereales o alguna crucífera, y luego proceder a la plantación. La otra opción, idealmente complementaria a la anterior, radica en el empleo de un patrón diferente al que tenía el huerto preexistente. La literatura cita

al Citrumelo Swingle, como un patrón especialmente recomendable para replantación, por su resistencia a nematodos. Sin embargo, este patrón no es compatible con todas las variedades de limonero (véase Capítulo 10).

Trasplante de árboles en producción

Los cítricos constituyen árboles que, en general, toleran bien esta traumática operación, especialmente cuando ellos no han alcanzado gran tamaño. Sin embargo, para que ella sea exitosa el árbol debe encontrarse en buenas condiciones y, además, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Podar drásticamente el árbol para reducir significativamente su cantidad de follaje.
- Arrancar el árbol con el máximo posible de raíces y suelo adherido a ellas.
- Plantar el árbol rápidamente, en un hoyo de forma similar y tamaño levemente mayor al dejado con el arranque.
- Plantar el árbol con la misma orientación cardinal que tenía en el huerto.
- Pintar las ramas y tronco con pintura blanca, del tipo látex al agua, para proteger la corteza del impacto del sol.
- Inmediatamente después del trasplante se debe regar con abundante agua.
- La operación de trasplante conviene realizarla hacia el fin del invierno, antes de la brotación de primavera.

Capítulo 7

MARCO DE PLANTACIÓN

La distancia a que se debe plantar los árboles constituye una de las decisiones más difíciles que enfrenta el productor, junto con el asesor técnico. Es una materia bastante subjetiva y siempre será sólo una aproximación, puesto que es imposible predecir el crecimiento que los árboles tendrán en el huerto. El tamaño de los árboles depende de diversos factores, especialmente el clima, el suelo, la variedad, el patrón y determinadas prácticas de manejo, como la poda y el riego. Mientras mejor es el clima, la calidad del suelo y el manejo, mayor es el tamaño que obtendrán los árboles y, por lo tanto, mayor el espaciamiento que se debe otorgar a ellos. En el caso de plantación en ladera, se debe contemplar una mayor separación entre hileras horizontales, pues la inclinación del terreno “acerca” a los árboles. En otras palabras, se debe calcular la distancia entre hileras, proyectándola en un plano horizontal.

Tradicionalmente, el limonero se ha plantado con un marco en cuadrado, a distancias que van desde 6 x 6 a 9 x 9 m. Con este sistema los árboles alcanzan gran tamaño, pues tienen la oportunidad de expresar todo su potencial de crecimiento sin limitaciones. Sin embargo, la producción por unidad de superficie es tardía y, además, los árboles son de difícil manejo, especialmente en sus tratamientos sanitarios y cosecha. Con el tiempo, hay fuerte sombreado en el interior del árbol; por esto la producción se ubica en la periferia del mismo y el tamaño de la fruta tiende a declinar. Los árboles deberían lograr gran longevidad, pero la mayoría de los patrones que se emplean para limonero no confieren tal característica. Son escasos en Chile, los huertos de limonero con una edad mayor a los 30 años, produciendo en forma normal.

En la actualidad, al igual que en todos los árboles frutales, se persigue precocidad y rapidez en producción de fruta. Ello se logra, principalmente, con la plantación en alta densidad o, al menos, a mayor densidad que lo tradicional. En el limonero, esto no es fácil pues, por un lado constituye un árbol

muy vigoroso y, por otro, aún no se dispone comercialmente de patrones enanizantes. Se logrará con menos dificultades cuando se disponga de una variedad de crecimiento compacto o de un patrón enanizante. Dragón Volador es un portainjerto enanizante, descendiente de *Poncirus trifoliata*, pero su compatibilidad y comportamiento con determinadas variedades de limonero es deficiente, presentando distintos grados de incompatibilidad.

La precocidad por hectárea se puede lograr con la plantación densa, en rectángulo o con la plantación semipermanente, en rectángulo o en quincunce. Sin embargo, en búsqueda de este objetivo, es conveniente consignar que la alta densidad debe estar dentro de límites razonables, pues, de lo contrario, será necesario podar reiteradamente, con el costo y desmedro en producción que ello significa, o bien, habrá que arrancar árboles antes que hayan sido suficientemente rentables (figuras 54 y 55). Con el limonero se debe tener especial cuidado de no acortar en demasía la distancia de plantación, pues, junto a su pronunciado vigor, es un árbol bastante refractario a los retardantes de crecimiento, especialmente cuando son aplicados vía foliar, y a otros tratamientos empleados en árboles frutales para disminuir el desarrollo. La única opción que, en alguna medida, podría influir en tal sentido en el limonero, se basa en conseguir precozmente una fuerte carga de frutos. Como es sabido, el fruto es un fuerte competidor con el crecimiento vegetativo del árbol.



Figura 54. Huerto de limoneros de ocho años, donde la distancia de plantación quedó corta.



Figura 55. Huerto experimental de limoneros plantados a 4 x 2 m, en su cuarto año desde la plantación. Ya se observa falta de espacio entre las hileras. Carmen Bajo, Región Metropolitana.

Plantación en rectángulo

Consiste en distribuir los árboles a una mayor distancia entre las hileras que sobre éstas. De esta manera, pronto los árboles conforman un seto, con espaciamiento suficiente entre las hileras para una adecuada penetración de la luz y el libre paso de la maquinaria y los trabajadores. Este sistema es bastante eficiente en el aprovechamiento del espacio y de la luz, especialmente cuando las hileras se ubican con dirección Norte – Sur. Se logra un elevado rendimiento de fruta por m³ de follaje. (Figuras 56 y 57).

En el Cuadro 1 se presentan algunas distancias que se pueden probar en este tipo de plantaciones, con el respectivo número de árboles por hectárea.

En las plantaciones en rectángulo, el crecimiento de los árboles, generalmente obliga a intervenir con poda, y formar un seto, cuando ellos comienzan a competir por luz. Según el desarrollo que vayan presentando los árboles, ésta puede ser necesaria ya al 5^o año de plantación en las densidades mayores o, tal vez, al 10^o año en las menores (Cuadro 1). En ocasiones, la formación del seto se puede postergar mediante podas de aclareo, eliminando oportunamente ramas completas, para permitir una mejor penetración de luz en el interior del árbol. Incluso, la formación del seto puede obviarse si el tamaño de los árboles no amerita dicha intervención.



Figura 56. Limoneros "Fino 49" de cuatro años, plantados en rectángulo. Curacaví, Región Metropolitana.



Figura 57. Plantación joven en rectángulo, que asegura una buena separación de los árboles entre y sobre las hileras. María Pinto, Región Metropolitana.

La poda para mantener el seto se practica anual o bianualmente, debiendo ser suave, recortando sólo ramillas o ramas delgadas. Si es necesario realizar cortes gruesos, significa que la operación se hizo tarde. Ya hay sombreado en exceso y, además, habrá fuerte emisión de chupones con posterioridad. (Véase Capítulo 12).

Este sistema de formación se está utilizando exitosamente en Chile. Sin embargo, es frecuente incurrir en problemas de falta de espaciamento y de retraso en las intervenciones de poda.

Cuadro 1. Distancias de plantación, tentativamente recomendables en limoneros, contemplando plantación en rectángulo, formación en seto y años al inicio de poda.

Entre hileras	Distancias (m)		Densidad (árboles por ha)	Inicio de formación del seto (años) ¹
		Sobre la hilera		
5		3	666	5
5		3,5	571	5
5,5		3,5	519	6
5,5		4	454	6
6		4	416	7
6		4,5	370	7
6,5		4,5	341	7
7		4,5	317	8
7		5	285	8
7,5		5	266	9
8		5	250	9

¹ Las edades de inicio de formación del seto son aproximadas, pues ellas dependen del grado de desarrollo de los árboles en cada huerto en particular.

Plantación semipermanente

Consiste en plantar un número superior de árboles al que se proyecta dejar como definitivo en el huerto. Los árboles supernumerarios permiten ocupar el espacio mientras los definitivos se desarrollan. Sin embargo, este tipo de plantación se debe adoptar asumiendo que será necesario un oportuno arranque de árboles. Para el establecimiento de un huerto semipermanente, básicamente existen dos opciones de plantación: en quincunce y en rectángulo.

Plantación semipermanente en quincunce

Consiste en plantar los árboles definitivos en cuadrado (a igual distancia sobre y entre las hileras), intercalando un árbol temporal en el punto de intersección de las diagonales que unen los cuatro árboles (Figura 58).

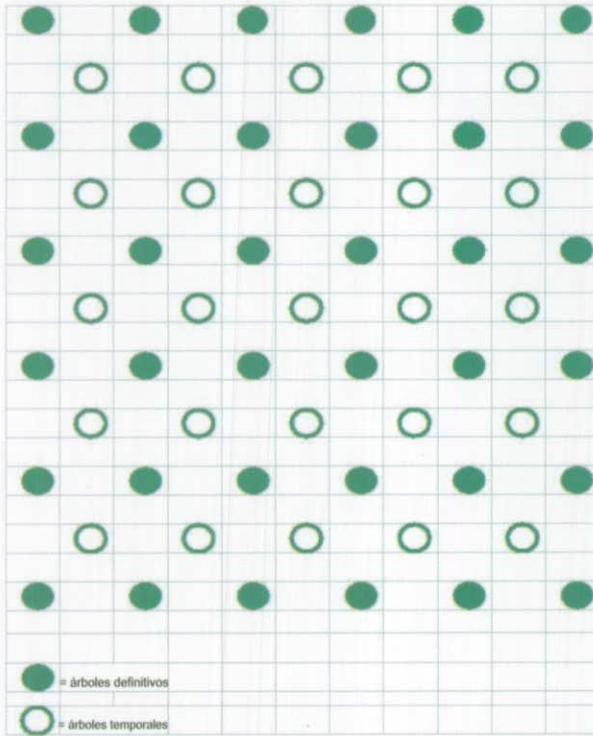


Figura 58. Plantación semipermanente en quince.

Si la distancia final elegida es de siete u ocho metros, el arranque de los árboles temporales se realizaría aproximadamente a los ocho años, o en el momento en que los árboles comiencen a entorpecer su iluminación.

El sistema, a diferencia de lo que ocurre en el palto, no se utiliza habitualmente con el limonero en Chile. Además, en el caso de riego “presurizado”, implica la colocación adicional de líneas de riego, las cuales deberán sacarse, o al menos reubicarse, junto con el arranque de árboles.

Plantación semipermanente en rectángulo

Constituye una alternativa al sistema de quince, sobre todo cuando se utiliza riego “presurizado”. Consiste en plantar el doble del número de árboles, intercalando un árbol sobre la hilera, por ejemplo 7 x 3,5 m (figuras 59 y 60). Llegado el momento, se procede al arranque de una planta por medio sobre las hileras, quedando los árboles a 7 x 7 m. En el Cuadro 2 se presentan algunas opciones de distancias de plantación, señalando la edad aproximada en que los árboles supernumerarios deben ser arrancados.

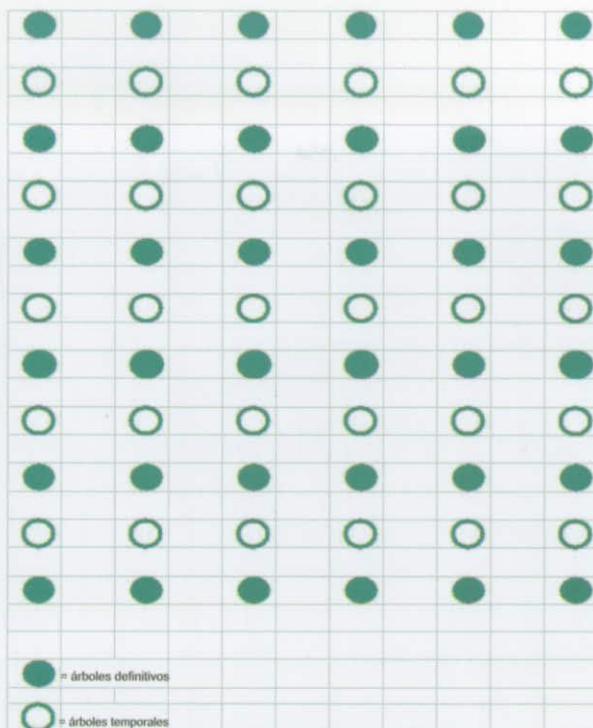


Figura 59. Plantación semipermanente en rectángulo.



Figura 60. Huerto de limoneros de cuatro años, plantado a 6 x 3 m. Llegado el momento, se procederá a arrancar árbol por medio sobre la hilera.

Cuadro 2. Distancias de plantación, tentativamente recomendables, para plantación en rectángulo, contemplando raleo de árboles¹. Edad aproximada de arranque.

Entre hileras	Distancias (m)		Densidad (árboles por ha)	Edad aproximada de raleo (años)
		Sobre las hileras		
6		3	555	6
6,5		3,25	473	7
7		3,5	408	8
7,5		3,75	355	9
8		4	312	10

¹ El raleo consiste en arrancar árbol por medio sobre las hileras. Los árboles definitivos quedan en cuadrado, a igual distancia entre y sobre las hileras.

No obstante, trátase de quincunce o rectángulo, el momento de raleo de los árboles es totalmente dependiente del tamaño que ellos hayan alcanzado. Las cifras dadas son a modo de referencia. Estos sistemas de plantación, semipermanente, basan su éxito en el oportuno arranque de los árboles que se debe eliminar. Cuando llega el momento, se debe arrancar los árboles con coraje, pues si se retrasa esta operación, los árboles restantes quedan deformes, sin fructificación en su parte baja e interior, y tardan años en recuperarse. En este sistema, los árboles definitivos alcanzan gran tamaño y lo único que se hizo fue aprovechar más el terreno en los años iniciales.

En las plantaciones semipermanentes, el arranque se puede postergar uno o dos años, realizando oportunamente poda dirigida, de preferencia a los árboles que serán removidos. Incluso, en el caso de un desarrollo controlado de los árboles, el arranque puede ser innecesario. Por otra parte, los árboles temporales, que son arrancados para evitar el sobrepoblamiento en el huerto, pueden ser transplantados y vueltos a utilizar, siempre que ellos se encuentren en buenas condiciones (véase Capítulo 6).

En ocasiones, se observan huertos asociados, donde se ha plantado el limonero intercalando hileras de árboles de otra especie, por ejemplo, duraznero (Figura 61). Esta modalidad no es muy recomendable, pues los requerimientos de ambas especies difieren substancialmente en lo referente a riego, control de plagas o enfermedades y cosecha.

Herramientas coadyuvantes

Las plantaciones de alta densidad pueden ir acompañadas de determinadas prácticas que ayudan a evitar el crecimiento excesivo de los árboles y,

con ello, postergar la poda o el arranque de árboles. Estas prácticas sólo son recomendables cuando los árboles ya amenazan con crecer demasiado, pues, en los primeros años, se persigue lo contrario, es decir, que se desarrollen lo más rápido posible.

Entre estas prácticas se puede mencionar el suministro restringido de agua de riego, especialmente en los períodos de crecimiento de brotes. Complementario a esto se puede proceder a limitar la fertilización nitrogenada. Operaciones más especializadas, como la inclinación de ramas (“ortopedia”, Figura 62) y la incisión anular simple (“rayado” de corteza en ramas, Figura 63), también pueden utilizarse, previa prueba, en un número reducido de árboles. Ellas promueven la brotación lateral, evitando el excesivo crecimiento en longitud y, probablemente, inducen fructificación. Sin embargo, son prácticas aplicables, sólo en árboles vigorosos, en casos especiales.



Figura 61. Plantación asociada de limoneros y durazneros.



Figura 62. La inclinación de rama disminuye su crecimiento en longitud y promueve la emisión de brotes laterales.



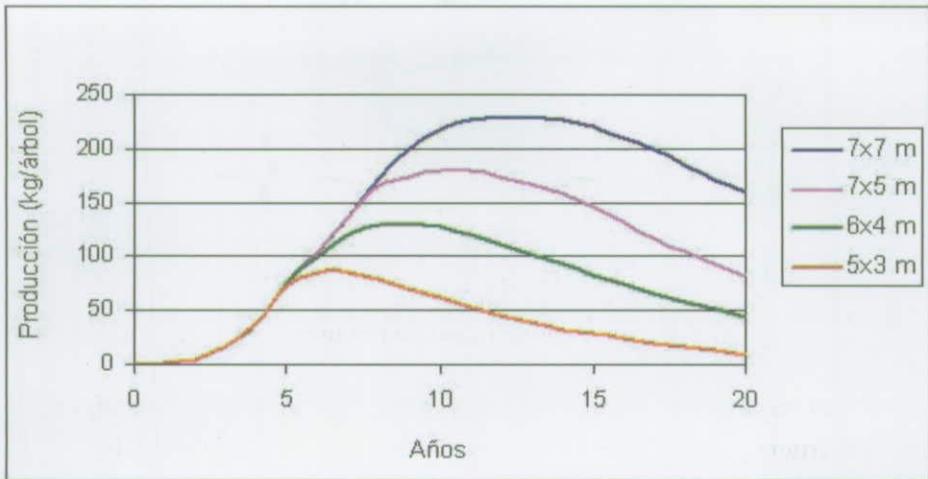
Figura 63. Emisión de un brote, como consecuencia del "rayado" de corteza en una rama de limonero.

Con todas ellas, lo que se busca es limitar el exceso de vigor y aumentar la fructificación. La presencia de abundante fruta en el árbol ayuda a frenar el crecimiento, debido a la competencia que ella ejerce por consumo de asimilados fotosintéticos y elementos minerales y, también por la inclinación de ramas que causa con su peso.

Curvas de producción

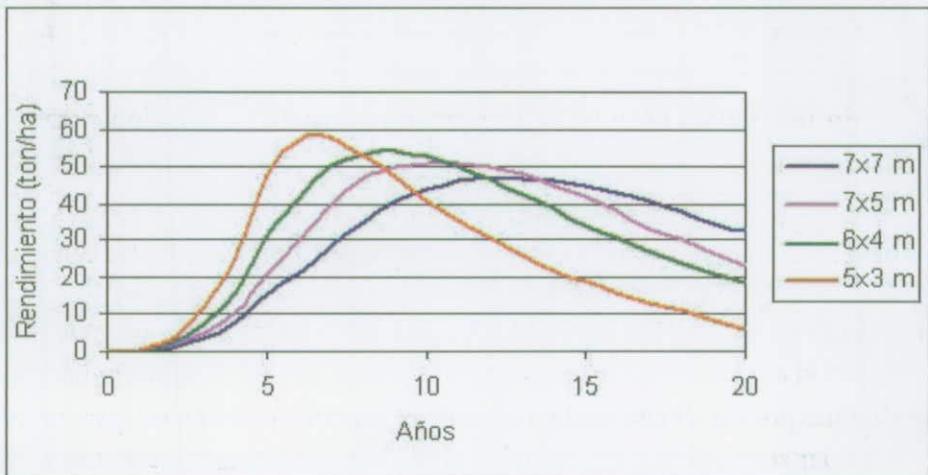
En las figuras 64 y 65 se presentan curvas de producción potencial, según la densidad de plantación, para huertos de limonero de alto rendimiento. En la Figura 64 se puede observar que el árbol, individualmente, logra una mayor producción a medida que la densidad de plantación disminuye. Esto se explica por el mayor tamaño que en definitiva obtiene, al disponer de un mayor espacio para desarrollarse. Al aumentar la densidad, consecuentemente disminuye el espacio asignado a cada árbol, y éste al encontrarse limitado, especialmente por sombreadamiento y por competencia a nivel de raíces, comienza a declinar su crecimiento y producción prematuramente. No obstante, si la producción se lleva a unidad de superficie, los valores aumentan en la medida que aumenta la densidad de plantación (Figura 65). Esto, básicamente se debe a que el árbol de gran tamaño se va tornando menos eficiente para producir y tiene una fuerte proporción de madera improductiva en su interior. Por otra parte, en alta densidad de plantación, al existir un elevado número de árboles por unidad de superficie, se logra una gran precocidad de producción en el huerto. Sin embargo, el rendimiento disminuye prematuramente, de manera proporcional a la densidad de plantación, debido a la competencia que, como

ya se dijo, sufre tanto en su parte aérea como en la raíz. La densidad de plantación es una decisión que depende principalmente de la rapidez que se desea en la producción del huerto y de la longevidad esperada en el mismo.



Elaborado por el autor

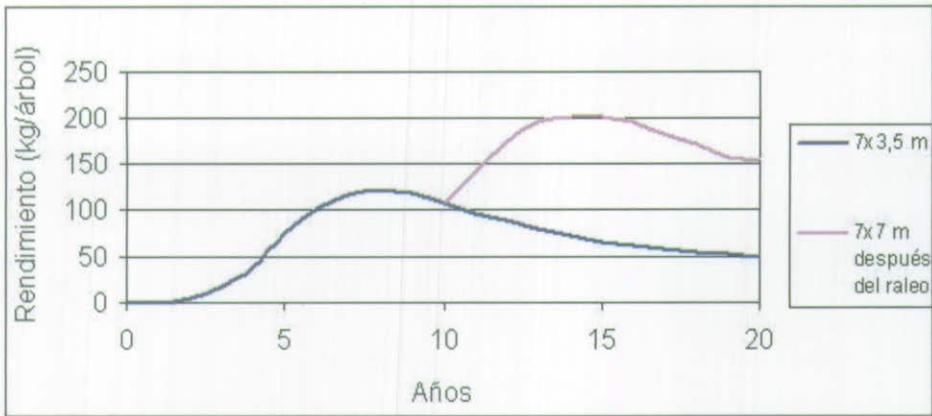
Figura 64. Evolución en la producción de un árbol de limonero de alto rendimiento, según la distancia de plantación. Variedad Eureka en portainjerto *Citrus macrophylla*.



Elaborado por el autor

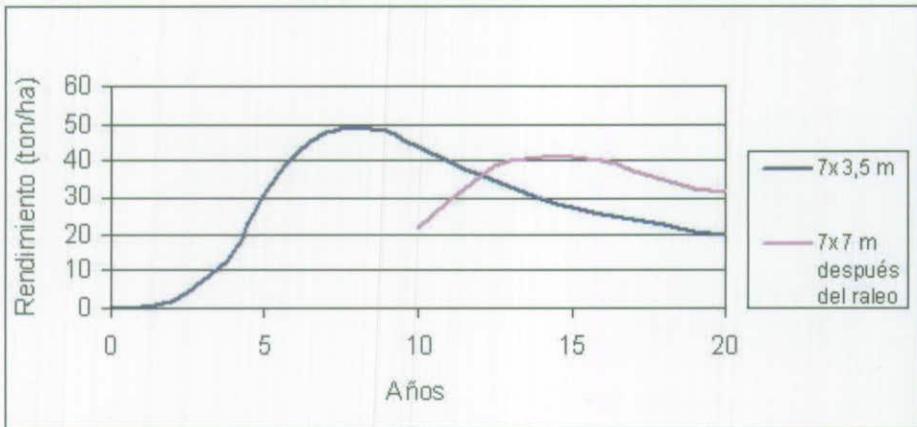
Figura 65. Evolución de la producción por unidad de superficie, de un huerto de limoneros según la distancia de plantación. Variedad Eureka en portainjerto *Citrus macrophylla*.

En el caso de una plantación semipermanente, tratándose de un huerto de alto rendimiento, las curvas de producción deberían asemejarse a aquellas que se presentan en las figuras 66 y 67.



Elaborado por el autor.

Figura 66. Evolución de la producción por árbol en un huerto de limoneros, con y sin raleo de árboles al décimo año.



Elaborado por el autor.

Figura 67. Evolución de la producción por unidad de superficie, de un huerto de limoneros, con y sin raleo de árboles al décimo año.

En la Figura 66 se aprecia que, individualmente, el árbol recupera su tasa de producción después del arranque de aquéllos semipermanentes. En términos de producción por unidad de superficie, obviamente el rendimiento del huerto disminuye al momento del raleo de árboles (Figura 67). No obstante, el incremento en producción que se logra en los árboles que permanecen, compensa, después de un tiempo, la remoción de los otros y permite la mantención del huerto en producción por un período que será interesante, según los precios del producto y el estado en que se mantengan los árboles. Sin embargo, en este período será difícil igualar el rendimiento que el huerto obtuvo en sus mejores años de condición semipermanente. Esto, por la menor eficiencia productiva del árbol grande y de mayor edad, sin considerar

el posible efecto de factores adversos (climáticos, sanitarios, de manejo o, incluso, de compatibilidad patrón-injerto), cuyo riesgo de ocurrencia es proporcional al paso del tiempo.

La luz y la densidad de plantación

Temprano en la vida del huerto se intercepta muy poca luz, debido a la pequeña cantidad de follaje presente. En este período se debe promover un rápido crecimiento de los árboles, para llenar el espacio y para lograr rendimientos precoces. Posteriormente, cuando los árboles están próximos a ocupar el espacio asignado, el ritmo de crecimiento debería disminuir drásticamente, pues ya se han logrado niveles óptimos de interceptación de luz en el huerto. De allí en adelante, el factor limitante es la distribución de la luz en los árboles. El requerimiento de luz de las hojas de los cítricos es, aproximadamente, 30% de la plena luz solar. A medida que los árboles van creciendo, hay una mayor proporción de follaje al interior del árbol que no alcanza esa iluminación y que se torna improductiva. Ambos factores, la interceptación de luz y la distribución de ésta, apoyan la plantación del huerto en una alta densidad. Sin embargo, hay límites, dados principalmente por una temprana competencia entre árboles por espacio y por luz. Otra limitante es el espacio necesario para el tránsito de los trabajadores y la maquinaria, sin considerar el mayor costo inicial que significa la plantación de un elevado número de árboles por hectárea. En la Figura 68 se presenta un árbol, con máximo aprovechamiento de la luz, debido a su escaso vigor. Sin embargo, la cantidad de follaje que presenta, no es suficiente para mantener un adecuado crecimiento y producción a futuro.

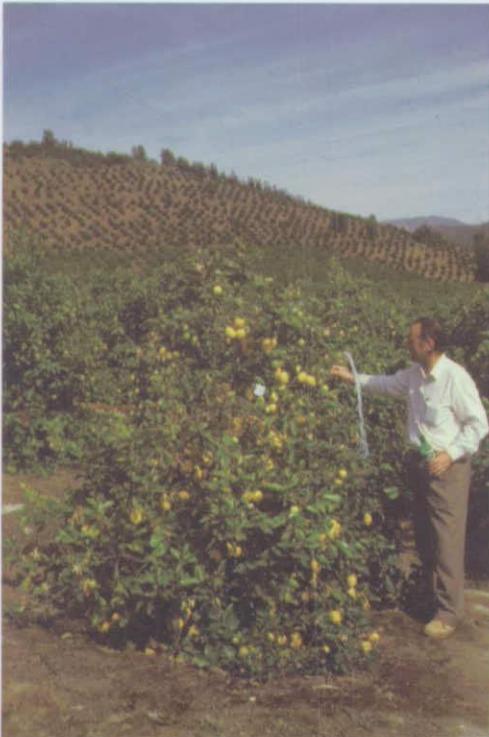


Figura 68. Limonero de cuatro años, donde la luz se presenta uniformemente distribuida, debido a su escaso vigor. Sin embargo, la cantidad de follaje que presenta, no es suficiente para mantener un adecuado crecimiento y producción a futuro.

Figura 68. Limonero de cuatro años, donde la luz se presenta uniformemente distribuida, debido a su escaso vigor. Sin embargo, es una situación extrema, poco recomendable.

Capítulo 8

PLANTACIÓN EN LADERAS

La plantación del limonero en una ladera moderada es una opción factible, debido al menor riesgo de heladas que, generalmente, allí existe en comparación al terreno plano adyacente. El aire frío es más denso y, por lo tanto, tiende a fluir desde las zonas elevadas hacia los sectores más bajos del relieve, donde se acumula. Por este motivo, en un predio o, incluso en una extensa región, las heladas (del tipo radiación) ocurren únicamente o, al menos, con mayor intensidad, en los terrenos bajos y planos que en las lomas existentes en el lugar. Sin embargo, la utilización de terrenos inclinados implica un mayor costo en el establecimiento y posterior manejo del huerto, además de un mayor riesgo de erosión en los suelos. El limonero es una especie que requiere abundante manejo del árbol, tratamientos pesticidas y una cosecha durante largos períodos del año, lo cual implica un intenso tránsito de operarios y maquinaria. Por lo tanto, si se opta por plantarlo en laderas, debe establecerse en pendientes moderadas y con expeditos caminos al interior del huerto.

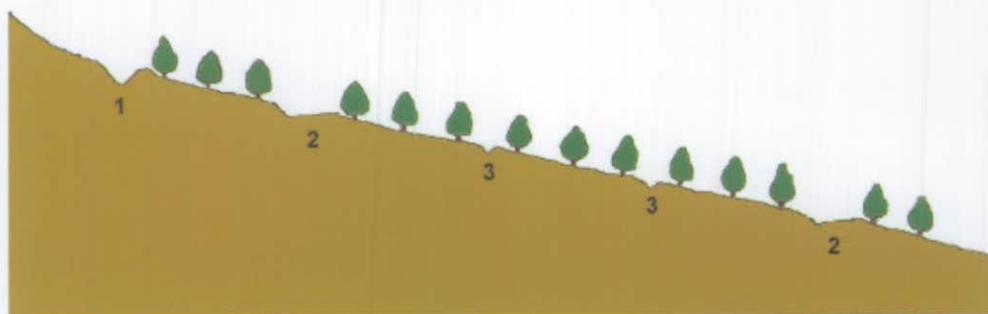
Un máximo de 20% de pendiente es razonable para un manejo suficientemente rápido y seguro del huerto. Este máximo de pendiente permite evitar, en buena medida, la erosión, aplicando prácticas especiales de conservación del suelo. Cuando se emplean sistemas de riego “presurizado”, estas prácticas son necesarias a partir de un 10% en la pendiente, siempre que no ingrese agua desde la parte más alta de la loma al sector del huerto. En riego por surcos, la preocupación por esta materia debe comenzar ya con un 3 a 4% de pendiente en el terreno. En este caso, las hileras de plantación y los surcos de riego deben ir en curvas de nivel trazados con 2% de inclinación.

Con sistemas de riego “presurizado”, cuando el suelo presenta suficiente profundidad y buen drenaje interno, conviene realizar la plantación directamente sobre el suelo en su estado natural, con las hileras orientadas en curvas de nivel, las cuales deberán tener una pendiente de 2 a 3% (Figura 69). Con esta orientación de las hileras se consigue disminuir los riesgos de

erosión del suelo. Esto se puede complementar confeccionando un surco (de perfil en V) cada dos o tres hileras, para la retención y evacuación de aguas lluvia hacia alguna quebrada u otro lugar seguro y estable, antes que ellas alcancen caudal excesivo. La plantación en curvas de nivel también facilita la construcción de caminos, los cuales, además de permitir un fácil acceso al interior del huerto, contribuyen a la evacuación de aguas. Para esto, deben construirse con un peralte de 3% hacia el interior, y siguiendo las curvas de nivel (Figura 70). Mientras más empinada es la ladera menor debe ser la distancia entre cada camino.



Figura 69. Huerto de limoneros plantados en hileras, siguiendo curvas de nivel. Mallarauco, Región Metropolitana.



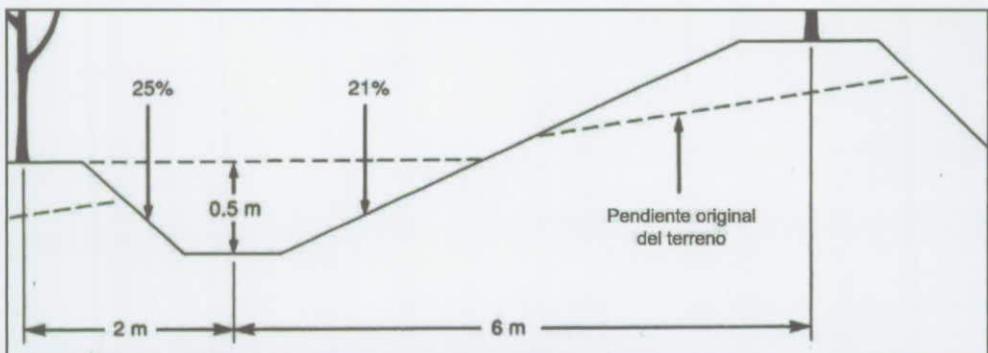
- 1 = Canal de desvío de aguas
- 2 = Caminos interiores
- 3 = Surcos de evacuación de aguas

Elaborado por el autor.

Figura 70. Vista transversal de una plantación en ladera, sin camellones.

Cuando el suelo presente en la loma tiene insuficiente profundidad (lo que es frecuente), si se insiste en realizar la plantación, entonces se podría recurrir a la confección de camellones. El objetivo del camellón es otorgar

suficiente volumen de suelo y una buena aireación a las raíces. Consiste en acopiar, a lo largo de las futuras hileras de plantación, suelo superficial proveniente del espacio entre hileras. Ahora bien, la distancia entre los camellones debe ser lo suficientemente amplia como para permitir una altura moderada en los mismos y una inclinación suave en sus paredes. Generalmente, es preferible su construcción cruzando la pendiente, alineados en curvas de nivel con una inclinación de 3%, lo cual asegura la evacuación de las aguas lluvias sin causar erosión. Si los camellones resultan demasiado largos o si no se puede seguir estrictamente la inclinación de 3% en ellos, será necesario dejar salidas en las partes bajas para que el agua escurra. Sin embargo, el agua en estas salidas debe encauzarse con paredes de contención para evitar la erosión del suelo. Este tipo de camellón no conviene ser utilizado en pendientes superiores a 10%, pues el costado inferior del camellón se torna inseguro por su excesiva inclinación, a menos que se amplíe la distancia entre los camellones. Este costado no debe tener más de 25% de inclinación. Para una pendiente de 10% en el terreno, la distancia entre hileras (entre la cima de los camellones) debería ser como mínimo de 8 m, con una altura máxima de 50 cm en el camellón. En pendientes menores a 10%, la distancia entre hileras puede disminuir algo. En cambio, en una pendiente de 15%, la distancia entre hileras, debería subir a 12 m. En la Figura 71 se presenta un diagrama de construcción de este tipo de camellón en ladera. Una alternativa a este camellón es la terraza, cuyo empleo depende de la pendiente, la profundidad del suelo y el costo que tiene su construcción.

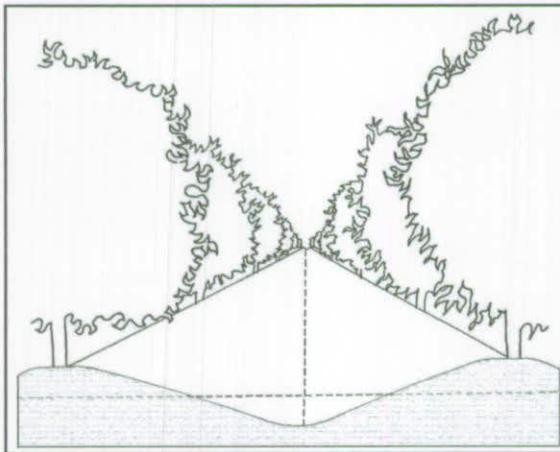


Fuente: Capelin, M.; M. Sanewsky and G. Elphinstone. 1991. Land preparation. pp. 17-22. In: Sanewski, G. (Ed.). 1991. Custard apples. Information Series Q190031. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Queensland. 103 p.

Figura 71. Sección transversal de un camellón cruzando la pendiente, en una ladera de 10% de inclinación. Distancia de plantación entre hileras, 8 m.

Otra alternativa al camellón descrito es la construcción de un camellón similar al que se presenta en las figuras 72 y 73, en el sentido de la pendiente existente en el terreno. En este caso, el camellón se podría utilizar en laderas con un máximo de 20% de inclinación, construyéndolos a una distancia mínima de 8 m y una altura máxima de 50 cm. Sin embargo, si la pendiente es superior a 10%, se hace necesario el establecimiento de una empastada permanente en el huerto o, al menos, durante el período de lluvias, para evitar la erosión del suelo. En ocasiones, la empastada puede estar constituida por las malezas presentes, siempre que éstas no sean demasiado agresivas o alelopáticas (véase Capítulo 15). La confección de caminos, con un mínimo de 2 a 3% de pendiente, disminuye el riesgo de erosión en la medida que se ubiquen lo suficientemente cercanos unos de otros, de modo que evacuen el agua de lluvias antes que ésta alcance caudal y velocidad erosiva.

En la Figura 72 se puede observar un diagrama de camellón, que se puede emplear en pendientes moderadas y en terrenos planos, cuando el suelo presenta insuficiente profundidad o excesiva capacidad de retención de agua; aunque en terrenos planos, la altura del camellón puede ser algo mayor, si es necesario. Sin embargo, el camellón constituye una obra de ingeniería, necesaria sólo en algunos casos, para permitir un mejor desarrollo del árbol. Su confección dependerá de las condiciones presentes, sin olvidar el costo que implica el consiguiente movimiento de tierra y el encarecimiento de las labores de manejo del huerto, posteriormente. Es frecuente la construcción de un tipo de camellón demasiado alto y con paredes muy abruptas.



Fuente: Owen-Turner, J. 1995. Growing citrus in Queensland. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. Information Series QI95009. 44 p.

Figura 72. Vista frontal de camellones a lo largo de las hileras.

En la confección del camellón se debe mezclar y mullir bien el suelo, evitando la incorporación de subsuelo arcilloso. Además de una altura moderada, se debe procurar que las paredes queden lo más parejas posible, hasta coincidir con la base de los camellones vecinos. (Figura 73). Esto permitirá un tránsito expedito y minimizará el riesgo de erosión.



Figura 73. Camellones.

La plantación en ladera, a veces requiere de la confección de un canal de desagüe en la parte superior al terreno que se va a plantar. (Figura 70). Su función es atajar y desviar las aguas de lluvia, provenientes de la parte más alta, hacia una quebrada u otro cauce natural con suficiente capacidad, estable y seguro, evitando que ingresen al sector del huerto.

Es importante consignar que, como toda faena de movimiento de tierra, la construcción de camellones está supeditada a que la pendiente y demás condiciones presentes en el terreno permitan un empleo seguro para el operador de la máquina que los confecciona, como de aquella que se utilizará después en el huerto.

No está de más recordar que toda plantación en ladera, obligatoriamente debe respetar las quebradas y su vegetación, como asimismo la vegetación natural necesaria que exista en el terreno a plantar (Figura 74). Ideal sería también el establecimiento de una empastada permanente en el huerto, que aseguraría una mejor conservación del suelo y un tránsito más expedito al interior del huerto.

La plantación en ladera o en lomajes debe contar con la autorización previa de los organismos estatales correspondientes (Corporación Nacional Forestal y Servicio Agrícola y Ganadero), encargados de fiscalizar la intervención de este tipo de terrenos. Al respecto, existe una legislación vigente.

Si las condiciones presentes en el lugar no aseguran una adecuada conservación del recurso suelo, se debe prescindir de la plantación del huerto, por tentador que ello parezca.

Una consideración adicional se refiere a la alta posibilidad de que una plantación, en este medio, se enfrente al ataque de roedores (ratones) y lagomorfos (conejos). Los primeros, ocasionalmente pueden causar pérdida de frutos al alimentarse de la cáscara (Figura 75), e incluso de la corteza de troncos y ramas en años de sequía.



Figura 74. Huerto de limoneros, donde se respetó los árboles nativos presentes en el terreno.

Más peligrosa es la presencia de conejos, cuyo ataque causa serios perjuicios al roer la corteza en las plantas jóvenes e, incluso, en las adultas. También suelen morder las cañerías de plástico ante una escasez de agua. Estos problemas deben prevenirse, impidiendo que los conejos tengan acceso a los árboles mediante una protección individual o, mejor aún, con una pro-

tección general, rodeando el terreno a plantar con una malla de alambre fino, suficientemente enterrada en su base, u otra barrera que se considere adecuada para este fin. El ataque de conejos suele iniciarse a mediados o fines de primavera, cuando se seca el pasto de los cerros aledaños y continúa hasta inicios del periodo de lluvias en otoño.



Figura 75. Limones cuya cáscara ha sido comida por ratones en el huerto.

Capítulo 9

VARIEDADES

Contrariamente a lo que ocurre en la mayoría de las especies frutales, donde el fruto es el órgano que identifica a las variedades, en el caso del limonero lo hacen las características del árbol. En efecto, el fruto de las distintas variedades de limonero presenta tal similitud, externa e interna, que es difícil diferenciarlos. Probablemente, a esto se deba el hecho de la escasa rotación varietal que existe en esta especie. Como se verá a continuación, la mayoría de las variedades vigentes corresponde a las mismas que se cultivaban en el mundo a fines del siglo XIX. En cambio, algunas características del árbol, efectivamente difieren entre variedades. Por ejemplo, el hábito de crecimiento, el vigor, la presencia de espinas y el grado de reflorescencia (repetidas floraciones durante el año).

A continuación se describirán las características de las principales variedades de limonero que se cultivan en Chile: Eureka, Génova, Lisboa y Fino 49.

Eureka

Es la variedad más ampliamente cultivada en el mundo. Se originó en California, a partir de semillas llevadas desde Sicilia, Italia, en 1858. El árbol presenta un hábito de crecimiento abierto, moderadamente vigoroso, un tamaño mediano, con una marcada tendencia a producir frutos en racimos en el extremo terminal de las ramas. Presenta pocas espinas, las cuales son muy pequeñas. Es precoz en producir, bastante reflorescente y su producción se distribuye a lo largo de todo el año, aunque concentrándose durante el invierno en un 60-70%. El fruto presenta semillas, es jugoso y muy ácido. Se han desarrollado varias selecciones de Eureka, siendo Frost y Allen los clones más importantes, por su elevada productividad, aun mayor que en la variedad original.

Junto a Fino 49, Eureka es la variedad que más se está plantando en Chile. (Figuras 76 y 77).



Figura 76. Limón variedad Eureka. Izquierda: de invierno, derecha: de verano.



Figura 77. La variedad Eureka se caracteriza por su refflorescencia, que permite producción de fruta en diferentes épocas del año.

Génova

Es una variedad de origen italiano, que a fines del siglo XIX fue introducida a California. Probablemente, corresponda a una selección de la variedad Eureka, de la cual difiere por poseer un árbol algo más pequeño, de

follaje más denso, algo más tolerante a heladas y carente de espinas. El fruto es levemente más esférico y con un surco alrededor de la base del pezón (Figura 78).

Es la variedad con mayor superficie plantada en Chile, aunque en la actualidad su tasa de plantación ha disminuido, debido a una productividad y calidad de fruto algo menores que en otras variedades, como Eureka y Fino 49. Además posee heterogeneidad por mezcla de genotipos.

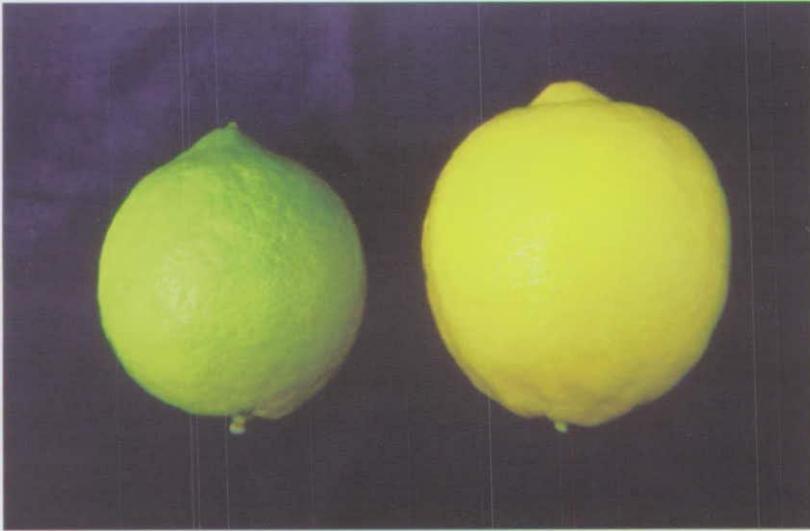


Figura 78. Limón "Génova". Izquierda: de verano; derecha: de invierno.

Lisboa

Es una variedad de origen australiano, obtenida a partir de semillas llevadas desde Portugal a comienzos del siglo XIX. El árbol es vigoroso, de gran tamaño, rústico y con un follaje denso y más resistente al frío que el resto de las variedades plantadas en Chile. Presenta abundantes y grandes espinas, que suelen causar daño en los frutos (Figura 79) y, además, dificultan la cosecha y otras labores en el árbol. Las espinas también causan problemas en los pies de los operarios y en los neumáticos de la maquinaria, cuando el material eliminado con la poda es triturado y dejado sobre el suelo. Es muy productivo, a pesar de ser poco refrlorescente. Su producción se cosecha casi exclusivamente en invierno y comienzo de primavera. El fruto, con semillas, es similar al de Eureka, aunque de mayor tamaño y algo más alargado.



Figura 79. Limones variedad Lisboa, con daño causado por las espinas del árbol.

Existen diversas selecciones nucelares (variedades provenientes de la formación de embriones adventicios en la nucela, sin la participación de los gametos y, por lo tanto, clonales) de esta variedad, siendo Limoneira 8A la más importante, pues presenta un árbol más pequeño y más refrlorescente, con menos semillas en el fruto y un alto rendimiento de aceite esencial en la cáscara.

La variedad Lisboa es particularmente indicada para zonas de invierno más frío. También lo es cuando el interés se centra en la producción de limón en el invierno. No es apto para plantación en alta densidad, considerando su gran tamaño y longevidad.

Esta variedad presenta la ventaja de ser compatible con los portainjertos *Poncirus Trifoliata* y sus híbridos, cualidad que no poseen otras variedades de limonero.

Fino 49

Es una selección clonal de la variedad Fino (también llamada Mesero o Primofiori), obtenida en Murcia, España, entre 1970 y 1980. El árbol es grande, vigoroso y con abundantes espinas. Presenta una rápida entrada en

producción, pero no tanto como Eureka. Es poco refloreciente, concentrando su producción en el invierno, algo antes que Eureka. El fruto es muy simétrico, de piel lisa y excelente calidad y presentación. Tiene un mayor número de semillas que Eureka. Es una variedad muy plantada en Chile en los últimos años, por la calidad de su fruto (simétrico y liso), uniformidad de los frutos y cosecha temprana (comienza a mediados de otoño). (Figuras 80 y 81).



Figura 80. Variedad Fino 49.

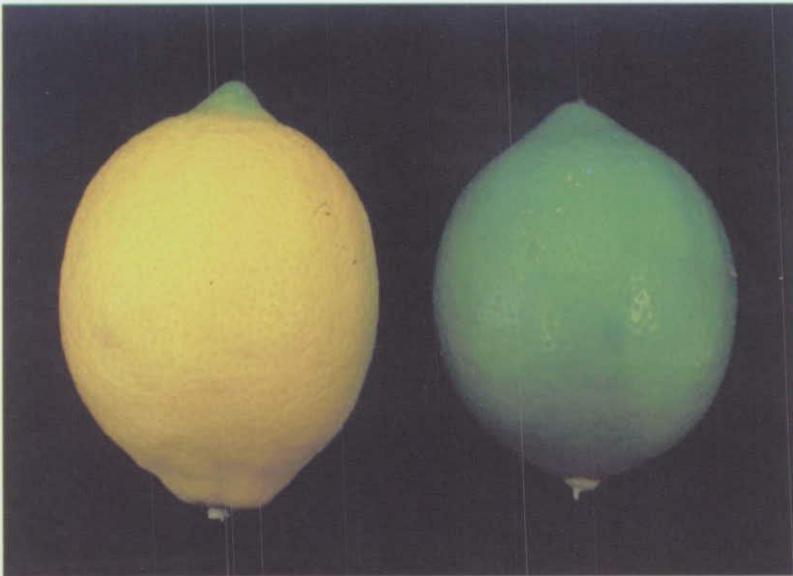


Figura 81. Limón variedad Fino 49. Izquierda: de invierno, derecha: de verano.

Verna

También llamada Berna, aunque no se la cultiva en Chile, se ha incluido, pues, además de ser la variedad más importante en España, presenta características interesantes.

El árbol es grande, refloreciente, de crecimiento abierto y, prácticamente carente de espinas. El fruto, si bien no es de óptima apariencia externa, presenta una pulpa tierna, jugo de elevada acidez y pocas semillas.

Aunque produce menos que otras variedades, su principal producción se cosecha tarde, desde mediados de invierno hasta comienzos de verano. Esta característica permitiría prolongar las exportaciones de limón hacia la primavera y, además, aprovechar las condiciones favorables del mercado doméstico en primavera y verano.

Una cualidad adicional sería su mayor resistencia, que la de otras variedades, al ataque de ácaro de la yema (*Eriophyes sheldoni*). (Véase Capítulo 17).

La variedad ideal

A juicio del autor de este libro, un programa de mejoramiento genético del limonero, ya sea utilizando la hibridación o la inducción de mutaciones, debería apuntar hacia la obtención de una variedad con algunas de las siguientes características (idealmente todas):

- Alta productividad (obligatoria)
- Reflorescencia
- Moderado vigor
- Ausencia de espinas
- Compatibilidad con el patrón *Poncirus trifoliata* y sus híbridos
- Fruto simétrico (obligatoria)
- Alto rendimiento de jugo (obligatoria)
- Ausencia o un número reducido de semillas

En relación a la presencia de semillas en el fruto, es interesante citar aquí, los resultados del Proyecto FONDECYT N° 1000960, cuyo objetivo fue reunir antecedentes para la obtención de variedades de limonero, con fruto sin semillas. Se obtuvieron varias selecciones con frutos, prácticamente ca-

rentes de semillas (Figura 82). Estas selecciones, también carentes de espinas en sus ramillas, producen un fruto de buena calidad, aunque de cáscara más rugosa y con una menor precocidad de producción que la variedad Eureka. Se encontró que las selecciones sin semilla presentaban sus flores con anteras de color blanco, sin polen (Figura 83), lo cual contrastaba con las anteras amarillas, cargadas de polen en las variedades Eureka y Fino 49 (con un considerable número de semillas en su fruto). Esta asociación, entre el color de las anteras, y presencia de semillas en el fruto, permite sugerir al color de las anteras como un indicador práctico en la búsqueda de selecciones de limonero con esterilidad masculina y eventual producción de frutos sin semillas.



Figura 82. Selección de limonero cuyo fruto prácticamente carece de semillas. Proyecto FONDECYT N°1000960.



Figura 83. Izquierda: estambres de limonero con sus anteras cargadas de polen. Derecha: anteras sin polen.

Por el momento, no se dispone de una variedad que reúna todas las cualidades mencionadas para la variedad ideal, pero probablemente, alguna vez se obtendrá. Mientras tanto, se deberá elegir entre aquellas disponibles que, aunque no son perfectas, permiten que el cultivo del limonero sea una actividad atractiva e importante.

Al concluir este capítulo conviene recordar la importancia que tiene una adecuada selección de la variedad al momento de decidir la plantación, conforme a las condiciones climáticas y según el destino que se dará a la producción. Además, es importante asegurar homogeneidad genética, cosa que no siempre ocurre en algunos viveros, debido a la similitud que existe entre las variedades en esta especie. También es necesario saber exactamente sobre qué patrón está injertada la variedad, pues, como se verá en el próximo capítulo, los patrones difieren en sus requisitos de suelo, en sus tolerancias a problemas sanitarios y, lo que es crucial, en su grado de compatibilidad con la variedad.

PATRONES

La mayoría de las especies de cítricos se podría propagar procediendo a la siembra de sus propias semillas, debido a la condición poliembriónica de éstas. La semilla de los cítricos presenta dos tipos de embrión, el gamético y el nucelar. Este último, por provenir del tejido materno de la semilla, produce plantas de idéntica constitución genética que la planta que le dio origen y, además, generalmente germina en mayor proporción que el gamético. Sin embargo, esta predominancia no es tan clara en el caso del limonero. Además, la planta proveniente de semilla presenta una condición juvenil, de fuerte vigor, que retrasa en varios años su entrada en producción.

El limonero también se podría propagar mediante enraizamiento de sus estacas, lo cual aseguraría uniformidad genética y, además, obviaría el problema de juvenilidad, inherente a la planta de semilla. Sin embargo, por su alta susceptibilidad a gomosis, comercialmente, el limonero y los cítricos en general, se propagan mediante injertación de un patrón (portainjerto) compatible. Éste se propaga por semilla y cuando alcanza suficiente desarrollo se procede a su injertación con yemas de la variedad a multiplicar. Los patrones que se utilizan producen abundantes semillas, de rápida germinación y posterior crecimiento de planta en el vivero, siendo muy fáciles de injertar. Pero, más que estos motivos, la causa central por la cual se procede a la injertación de los cítricos, se encuentra en los beneficios que aporta el patrón. Entre éstos, dependiendo de cada patrón en particular, su tolerancia a enfermedades fungosas o virosas, su adaptación a determinadas características existentes en el suelo donde se realizará la plantación y el vigor, tamaño, productividad y calidad de fruto que imprime al árbol una vez establecido en el huerto.

A continuación, se describirán los principales patrones empleados en el limonero en Chile, con sus respectivas ventajas y limitaciones, no sin antes consignar que no existe todavía el patrón ideal y que las opciones son menores en comparación a otras especies de cítricos.

Se debe también mencionar que muchos patrones aún no han sido completamente estudiados bajo las condiciones edafoclimáticas presentes en el país. La principal incógnita se presenta con el grado de compatibilidad entre éste y la variedad de limonero, variable que demora varios años de crecimiento en el huerto, a veces más de 10, en manifestarse.

También hay que mencionar que, considerando la susceptibilidad del limonero a la gomosis (*Phytophthora* spp.), cualquier patrón tiene como requisito una buena resistencia a esta enfermedad, de enorme gravitación en Chile y en la mayoría de las regiones citrícolas del mundo (véase Capítulo 19). En cambio, a diferencia de lo que ocurre con otras especies de cítricos (naranja, mandarina, pomelo) no es necesaria una resistencia al virus de la Tristeza, pues el limonero es tolerante a esta grave enfermedad.

Citrus macrophylla Wester

También llamado Alemow, constituye el patrón más ampliamente utilizado para limonero en Chile (Figura 84). Originario de Filipinas, se cree que es un híbrido natural de “citrón” (*Citrus medica* L.) o de *Citrus celebica* Koord y “pummelo” (*Citrus grandis* (L.) Osbeck).



Figura 84. Frutos inmaduros de *Citrus macrophylla*, el patrón más empleado para limonero en Chile.

Es compatible con casi todas las variedades de limonero. Induce crecimiento rápido (Figura 85), precocidad y productividad, como asimismo, fruto grande. Es tolerante a suelos arenosos, alcalinos, calizos (altos en carbonato de calcio) y a niveles relativamente altos de boro. Resistente a gommosis. Crece rápido en almácigo y vivero, y es fácil de conducir e injertar.



Figura 85. Limoneros de seis años. Los de la izquierda, injertados sobre *C. macrophylla*; los de la derecha, sobre naranjo dulce. Nótese el menor desarrollo de estos últimos. Chiñihue, Región Metropolitana.

Entre sus limitaciones se puede mencionar su menor longevidad, su susceptibilidad a heladas (característica que, en alguna medida, transmite a la variedad), su susceptibilidad a nematodos y al virus de la xiloporosis. Además, puede desarrollar un problema de necrosis en los conductos floemáticos, problema común en California y que, al parecer, no se ha presentado en Chile.

Es un patrón que no se usa para naranjo, mandarino ni pomelo, porque en ellos induce inferior calidad en el fruto y por la susceptibilidad al virus de la tristeza con estas especies.

Naranjo agrio (Citrus aurantium L.)

Fue el portainjerto más utilizado para cítricos en Chile y en el mundo, hasta que, por la década de 1930, apareció el virus de la tristeza de los cítricos, que devastó gran parte de la citricultura mundial. Por tal motivo, aunque esta enfermedad no azotó la citricultura nacional, por precaución el Ministerio de Agricultura entonces, prohibió su empleo en la década del 1950. Sin embargo, aproximadamente 30 años después, lo liberó para su empleo con limonero, pues esta especie es tolerante a dicha enfermedad.

Es compatible con casi todas las variedades de limonero, aunque Génova y Eureka disminuyen su longevidad, debido a una incompatibilidad retardada (abultamiento en la zona superior de la unión patrón-injerto), que suele hacer crisis a los 15 ó 20 años, aproximadamente (Figura 86).



Figura 86. Incompatibilidad que presentan las variedades Génova y Eureka con el patrón naranja agrio. Muestra colectada en un árbol de 18 años.

Además de su resistencia a gomosis, presenta buena tolerancia a heladas y a suelos arcillosos y húmedos. No se adapta tan bien a suelos arenosos, es susceptible a nematodos y no induce precocidad de producción en la variedad.

Naranja dulce (Citrus sinensis L. Osbeck)

Se comenzó a utilizar cuando se prohibió la injertación sobre naranja agrio, pues es tolerante al virus de la tristeza. Además, es compatible con todas las variedades de limonero. Sin embargo, pronto fue descartado por su alta susceptibilidad a gomosis. También es susceptible a nematodos.

Naranja trifoliado (Poncirus trifoliata (L.) Raf)

Originario de China, es un árbol de hoja caduca (Figura 87). Esta característica lo hace muy resistente a las bajas temperaturas invernales, cualidad que, en cierta medida, transmite a la variedad sobre él injertada.



Figura 87. Árbol de *Poncirus trifoliata*, en invierno.

Da origen a un árbol de menor tamaño, resistente a gomosis y tolerante al virus de la tristeza. También es tolerante a nematodos.

Lamentablemente, en el limonero sólo es compatible con la variedad Lisboa. Con esta variedad, de gran vigor y mayor tolerancia a heladas, parece recomendable, pues disminuiría el tamaño del árbol y tornaría a éste aún más resistente al frío. También, sería recomendable para replantar con esta variedad suelos ocupados anteriormente con limoneros u otros cítricos. Sin embargo, no está suficientemente probado en Chile, como para recomendar su uso en el limonero. Entre sus defectos se menciona que induce un menor tamaño en el fruto (lo que es grave, especialmente para la exportación) y una alta susceptibilidad a suelos calizos (ricos en carbonato de calcio).

Rubidoux es una selección californiana de naranjo trifoliado, que presenta mayor precocidad de producción.

Otra selección de *Poncirus trifoliata* es Flying Dragon (Dragón Volador), cuya característica distintiva es la de ser enanizante. Se podría recomendar para plantación de la variedad Lisboa (con la cual es compatible) en alta densidad, sólo en suelos profundos y fértiles. Sin embargo, el menor tamaño

que induce en el fruto, no lo hace recomendable sino hasta que se cuente con mayor experiencia con este patrón. En ensayos realizados en Tucumán, Argentina, donde el clima y la fertilidad del suelo imprimen gran vigor al árbol, los resultados han sido promisorios, incluso en lo que se refiere a calibre en el fruto (Figura 88). Sin embargo, bajo las condiciones prevalecientes en la zona limonera chilena, sería demasiado enanizante (Figura 89).

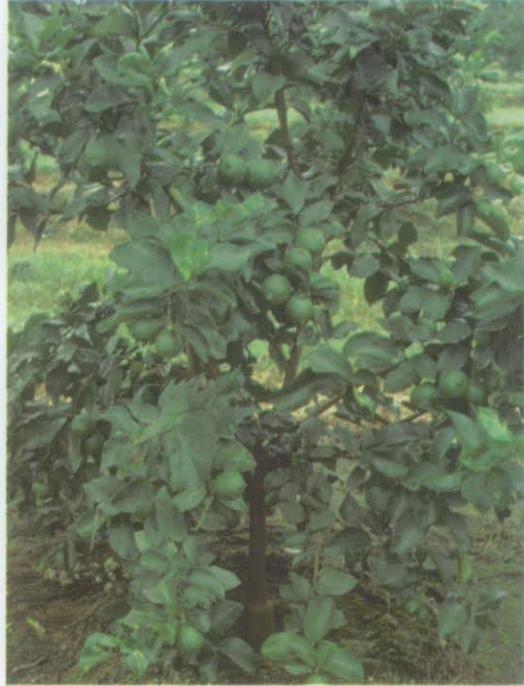


Figura 88. Limonero de tres años, variedad Lisboa injertada sobre Dragón Volador. Tucumán Argentina.



Figura 89. Limoneros injertados sobre Dragón Volador. Nótese el insuficiente desarrollo del árbol, en comparación con los otros árboles que están sobre *C. macrophylla*. Quillota, V Región.

Citranges

Corresponden a híbridos de naranjo dulce (*Citrus sinensis*) y naranjo trifoliado (*Poncirus trifoliata*). Los más conocidos son Troyer y Carrizo citrange, este último más utilizado en la actualidad, en diversas especies de cítricos. En limonero presentan buena compatibilidad con la variedad Lisboa y, probablemente, con Génova y Fino 49. En cambio, la literatura menciona que son incompatibles con Eureka.

Son resistentes a gomosis y a tristeza.

C-35 corresponde a un híbrido de naranjo dulce variedad Ruby Blood y naranjo trifoliado. Da origen a un árbol más pequeño que los otros citranges, con mayor resistencia a nematodos, pero más sensible a suelos calizos o salinos.

Si se comprueba que los citranges presentan suficiente compatibilidad con Génova y Fino 49, se pueden convertir en una alternativa a *Citrus macrophylla* para estas variedades, en zonas de invierno más frío o cuando se desea mayor longevidad en el huerto.

Citrumelo Swingle

Conocido también como CPB 4475, corresponde a un híbrido de Pomelo (*Citrus paradisi*, variedad Duncan) y naranjo trifoliado (*Poncirus trifoliata*). En limonero, presenta buena compatibilidad con la variedad Lisboa y no se sabe si con Génova y Fino 49. En la localidad de Peumo, VI Región, existe un huerto de 10 años, injertado con Fino 49, no manifestando aún, signos de incompatibilidad. Con Eureka, la literatura lo menciona como incompatible.

Es resistente a gomosis, tolerante a tristeza, a nematodos y asfixia de las raíces. Más tolerante al frío invernal que los citranges.

Es un portainjerto recomendable para replantación. Si se comprueba que tiene buena compatibilidad con Génova y Fino 49 sería una buena opción para estas variedades, en zonas de invierno más frío o para plantaciones más longevas. Sin embargo, a diferencia de *C. macrophylla*, es susceptible a suelos calizos y no produciría fruta tan grande.

EL LIMONERO

Es una planta de crecimiento rápido y fácil de conducir en el vivero.

En la Figura 90 se puede observar el fruto de Carrizo citrange y Citrumelo swingle.

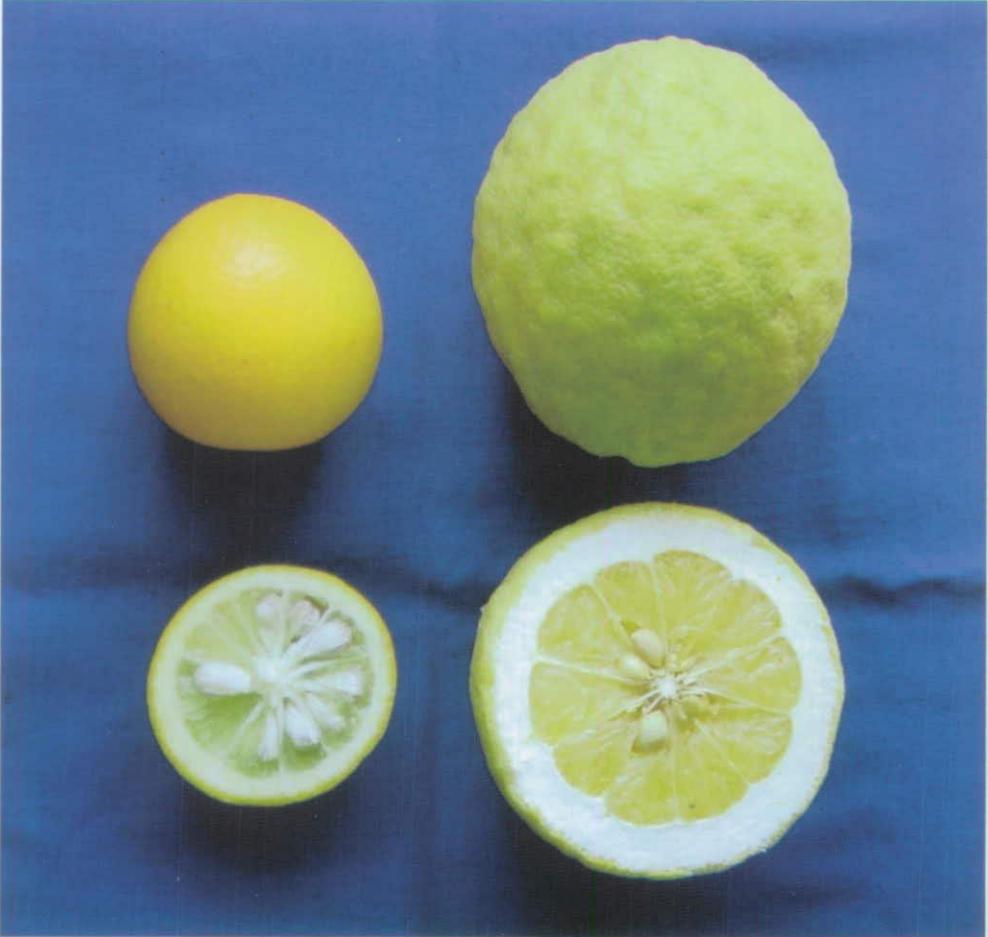


Figura 90. Izquierda: fruto de Carrizo citrange; derecha: fruto de Citrumelo swingle.

PROPAGACIÓN Y MANEJO DEL VIVERO

La propagación de los cítricos constituye un proceso relativamente simple pues, esencialmente, consiste en la injertación de un patrón propagado por semillas. Sin embargo, las diversas etapas que ella contempla deben ser realizadas a cabalidad, en las épocas oportunas y con todas las precauciones sanitarias. El objetivo es lograr una planta vigorosa, sana y que corresponda fielmente a la constitución genética del patrón y la variedad. La máxima expresión de estas consideraciones se consigue con la obtención de una planta “certificada” o, al menos, lo más cercana posible a ésta.

Las etapas que contempla la propagación de los cítricos son: obtención de la semilla del patrón, siembra, desarrollo de la plántula en la almaciguera, trasplante de la plántula a bolsa (o a terreno), desarrollo del patrón, injertación, corte del portainjerto, desarrollo del injerto, arranque, (si se propaga en terreno), venta y plantación.

En cada una de estas etapas se debe otorgar las condiciones para que la planta se desarrolle lo más rápido posible, pero sin caer en excesos que puedan llevar a la situación contraria. Ello se consigue realizando la propagación en ambiente controlado de invernadero (Figura 91), procedimiento al cual nos referiremos. La propagación en terreno es cada vez menos utilizada en Chile (figuras 92 y 93).

Antes de entrar en materia, es necesario consignar que las operaciones que se indicarán en cada etapa de la propagación, pueden tener significativas variaciones según las condiciones presentes y/o la experiencia adquirida.

Obtención de la semilla

La semilla del portainjerto se puede adquirir de proveedores nacionales o extranjeros (en este último caso, con la debida autorización del Servicio Agrí-



Figura 91. Propagación de cítricos en invernadero.



Figura 92. Propagación de cítricos en vivero a campo abierto. Patrones recién injertados.



Figura 93. Los cítricos propagados en vivero a campo abierto se arrancan con un cubo de suelo, el que es protegido con una cubierta de totora. Fotografía gentileza Dr. Thomas Fichet.

cola y Ganadero). No obstante, lo ideal es que el vivero tenga su propio huerto colección, que lo abastezca de las semillas necesarias para sus metas de propagación.

Este huerto debe estar conformado por árboles injertados con las especies o variedades a emplear como proveedoras de semillas de los respectivos patrones a utilizar en el vivero.

La semilla conviene recolectarla lo más cercano posible a su siembra. El mejor lugar de almacenaje del fruto es el árbol y, de la semilla, es el fruto. Por lo tanto, lo ideal es cosechar los frutos maduros y extraerles las semillas en el momento en que se va a realizar la siembra. No se debe utilizar frutos caídos al suelo, pues pueden estar contaminados con esporas de *Phytophthora* spp. Tampoco se debe emplear frutos que estuvieran helados, por la reducida viabilidad que, en este caso, presentan las semillas, ni frutos inmaduros, cuyas semillas no han alcanzado su madurez fisiológica. Una vez extraída la semilla, en forma manual o mecánica, exprimiendo y tamizando el jugo, se procede al lavado, en abundante agua, para extraer el mucílago que las recubre. En este momento se aprovecha de eliminar las semillas sobrenadantes, que generalmente flotan por ser vanas y estériles. Luego se tratan con agua, a 51-52°C durante 10 minutos, para eliminar la posible presencia de hongos del género *Phytophthora* y se secan superficialmente, a la sombra, sin llegar a deshidratarlas. A continuación se las trata con un fungicida en polvo para semillas. Si éstas no se siembran de inmediato se pueden guardar, en bolsas de polietileno a 5°C, por un período de hasta aproximadamente un año.

Siembra

La siembra se realiza en almacigueras, generalmente ubicadas a cierta altura desde el piso, para facilitar su calentamiento y el drenaje del agua. Se confeccionan con un ancho de aproximadamente 1 m y unos 25 cm de profundidad, provistas de un buen drenaje. Como sustrato se puede emplear una mezcla desinfectada de arena, turba (o tierra de hojas) y suelo franco, en igual proporción. La desinfección, idealmente, se realiza con vapor de agua (Figura 94).

Antes de la siembra conviene remojar las semillas en agua durante un día. Algunos autores recomiendan eliminar la testa de las semillas, operación que aceleraría y facilitaría la germinación y disminuiría los problemas de

“cuello de cisne” en las plantas. Éste corresponde a un crecimiento curvo en 360° en la zona de la raíz cercana al tronco que, con el tiempo, produce una extrangulación que puede debilitar e incluso causar la muerte del árbol. Ocurre cuando la germinación de la semilla da origen a un crecimiento inverso, con la raíz hacia arriba que, luego, por geotropismo, revierte su crecimiento (Figura 95).



Figura 94. Desinfección del sustrato empleado en la propagación, mediante vapor de agua.



Figura 95. “Cuello de cisne”.

Las semillas se colocan en hileras, aproximadamente, a 1 cm de profundidad y a una distancia de 1 a 2 cm sobre la hilera y 15 cm entre hileras (Figura 96). En algunos viveros la siembra se realiza, individualmente, en pequeños contenedores de plástico (Figura 97).

La época de siembra corresponde al invierno, si se dispone de calefacción. En caso contrario, se pospone hasta la primavera. La temperatura en el sustrato debe superar los 13°C, siendo la temperatura óptima de 25 a 27°C. Esta misma temperatura óptima lo es en el aire, para el posterior desarrollo de las plantas. Bajo buenas condiciones de humedad en el sustrato y



Figura 96. Almaciguera donde se realiza la propagación inicial del portainjerto. En primer plano: Carrizo citrange; atrás *Citrus macrophylla*.



Figura 97. Portainjerto propagado en contenedor de plástico.

de temperatura en el aire, la germinación ocurre entre dos y cuatro semanas después de la siembra, aunque se puede retrasar considerablemente, cuando falta temperatura o humedad en el sustrato.

Las plantas en el almácigo se deben regar y fertilizar frecuentemente, pero sin exagerar. Estas operaciones se pueden realizar en forma manual o mediante un sistema automático de aspersión, que fertirriega una o dos veces por semana. La concentración de nitrógeno en la solución de riego puede ser de 100 mg N/L.

La aparición de enfermedades fúngicas, que puedan causar pudrición de raíces (*Phytophthora* spp.) o caída de plántulas (*Pythium* spp.), se previene con aspersiones oportunas de fungicidas indicados para su empleo en almácigos (por ejemplo, benomil o captan).

Trasplante

Una vez que las plantas alcanzan un tamaño de aproximadamente 10 cm de altura, se trasplantan a bolsas de polietileno negro, perforadas en la periferia, cerca de su base (Figura 98). Estas bolsas son de una capacidad de 7 a 10 L (aproximadamente, 40 cm de largo por 25 cm de ancho, estirada en su parte superior) y, generalmente contienen una mezcla de suelo franco, arena y turba (o tierra de hojas), previamente desinfectada con vapor de agua, aunque hasta la fecha de edición de este libro, todavía se puede fumigar con bromuro de metilo.



Figura 98. Portainjertos trasplantados a bolsas de polietileno.

Las plantas deben extraerse cuidadosamente, con la mayor cantidad posible de raíces. En este momento se seleccionarán las plantas uniformes (con alta probabilidad de ser nucelares) y se descartan aquéllas con cuello de cisne en su raíz, como asimismo, aquéllas demasiado débiles, enfermas o de follaje diferente al de la especie. La plantación se debe realizar evitando el doblado de la raíz, de modo que ésta se desarrolle libremente y sin curvaturas ni, mucho menos, con cuello de cisne.

Si las bolsas con plantas se mantienen en invernadero, el trasplante se puede realizar en cualquier época. En el caso de llevar las bolsas al aire libre, el trasplante conviene realizarlo una vez pasado el período frío, a principios de primavera.

Desarrollo del patrón

Las bolsas con los patrones ya trasplantados, generalmente se colocan sobre un piso de ripio y gravilla, para facilitar el drenaje del agua y evitar el contacto de las raíces con el suelo. Se debe regar regularmente, ya sea con manguera o con un sistema "presurizado" que, además de facilitar la operación, permite inyectar fertilizantes disueltos en el agua (fertirriego). Periódicamente, se debe aplicar un fertilizante nitrogenado en pequeñas dosis, para promover el crecimiento de las plantas. También se debe eliminar los brotes que aparezcan por debajo del punto de injertación, de manera de dejar un solo tallo, lo más recto y definido posible.

Injertación

Cuando los patrones han alcanzado suficiente desarrollo se procede a su injertación. Generalmente, están aptos para la injertación cuando tienen un diámetro en su tallo de, al menos, 6 mm a 30 cm desde su base, que es la altura a la cual generalmente se injertan. El método de injertación más utilizado en los cítricos es el de yema en T. Este tipo de injerto sólo se puede realizar cuando el portainjerto está en crecimiento activo, pues, en ese estado, se desprende fácilmente la corteza de la madera. Ello, normalmente ocurre desde septiembre hasta marzo, período que se amplía cuando se trabaja en invernadero con aporte de calor.

Las yemas para injertación, generalmente se obtienen de brotes provenientes de la brotación anterior a la del momento de extracción, en los que ya se ha diferenciado la corteza de la madera. Las yemas se extraen realizando un corte que abarque cierta cantidad de corteza y, a veces, con una delgada lámina de madera incluida. Una vez extraída, la yema se inserta bajo la corteza, en un corte realizado en el portainjerto, de aproximadamente tres cm de largo, seguido por uno horizontal en su parte superior (T). (Véase Figura 99). Luego, se procede a amarrar el injerto con una cinta de polietileno. El prendimiento del injerto, normalmente se obtiene dos a tres semanas después de la injertación y el corte de la amarra se realiza una o dos semanas después del prendimiento.

La planta recién injertada no debe someterse a corte alguno, ni a estrés hídrico que pueda entorpecer el prendimiento de los injertos.

Las yemas de las variedades a propagar deben provenir de árboles que representen fielmente a la variedad y que estén en buenas condiciones sanitarias y de manejo. Si el objetivo es producir plantas certificadas, los árboles deben estar libres de virus y mantenerse en tal condición, proceso que es controlado por el Servicio Agrícola y Ganadero. Para tal efecto, se debe tener un “bloque de incremento” a base de material obtenido desde un “bloque fundación”, protegido con malla antiáfidos.



Figura 99. Injerto de yema en T.



Figura 100. Curvatura del patrón en 360°, que permitió la brotación del injerto.

Desarrollo del injerto

Para forzar la brotación de la yema injertada es necesario eliminar la dominancia apical del patrón. Esto se consigue “decapitando” (cortando el patrón unos 10 centímetros sobre el injerto) o doblándolo en 360° (Figura 100). Esta última operación es menos drástica y, generalmente es más segura, pues el portainjerto y su raíz siguen recibiendo fotoasimilados. Una práctica intermedia consiste en quebrar el tallo del portainjerto, pero dejándolo unido por un lado.

El forzado de la brotación se puede realizar una vez que los injertos hayan prendido. Generalmente, se realiza en primavera, incluso cuando la injertación se haya efectuado a fines del verano anterior. La yema que inicia

su brotación en primavera da origen a un brote vigoroso, que tiene toda la temporada cálida para crecer.

Cualquiera sea el método de forzado empleado, cuando el brote del injerto ha alcanzado un tamaño de aproximadamente 15 cm, se procede a la eliminación del patrón restante sobre él, cortando a ras y en bisel, para que el brote se desarrolle verticalmente y tenga una pronta cicatrización en el punto de unión con el patrón.

El brote de la variedad se deja crecer libremente, eliminando los posibles brotes laterales que puedan ir apareciendo en su base o en el patrón (Figura 101). En el período de desarrollo del injerto se deberá continuar con los riegos y la fertilización, la que se realizará según el vigor que vayan teniendo las plantas.



Figura 101. Plantas de limonero propagadas en bolsas. Se ha colocado tutores para obtener un desarrollo vertical del brote proveniente del injerto.

Se considera que la planta está terminada cuando el brote del injerto ha alcanzado, al menos, 40 cm de longitud (Figura 102). En todo caso, el trasplante a terreno definitivo no debe dilatarse más allá de lo conveniente, pues, si permanecen en la bolsa demasiado tiempo, las raíces se enrollan o forman una masa compacta.

Si las plantas han sido criadas en invernadero, antes de su plantación es conveniente someterlas a un período de aclimatación, dejándolas afuera, por un período de 1 mes, a la semisombra (en un sombreadero).

EL LIMONERO

La duración de todo el proceso de propagación es variable. Depende principalmente de la temperatura en que se realiza cada etapa y de la oportunidad en que ellas se efectúan. Así, puede cumplirse en 18 y hasta en 30 meses. Cuando el crecimiento de las plantas lo permite, se puede recortar el brote del injerto con el objeto de preformar la planta, con tres o cuatro futuras ramas madres.



Figura 102. Plantas de limonero, propagadas en bolsas de polietileno negro, listas para su plantación en el huerto.

PODA

Debido a su gran vigor, su hábito de crecimiento erecto, poco ramificado y a su menor longevidad, el limonero es el árbol cítrico que más tratamientos de poda requiere. Éstos se inician en el año de plantación y, generalmente se continúan año tras año hasta que termina la vida útil del árbol. A continuación se bosquejan algunas directrices de carácter general, pues la poda es una práctica que se debe ajustar a las condiciones presentes en cada huerto e, incluso, en cada árbol en particular. Ella va a depender del crecimiento que vayan experimentando los árboles, su densidad y su marco de plantación, la cantidad y tamaño de frutos y la longevidad esperada en el huerto.

En el momento de la plantación, comúnmente no es necesario intervenir con poda. Sin embargo, si la planta proveniente del vivero ha desarrollado un tallo demasiado largo y sin ramificación, es conveniente rebajarlo a la altura donde se desea que emerjan las futuras ramas de armazón (ramas madres). Si, en cambio, la planta trae ramificación, se debe eliminar todos los brotes ubicados por debajo de la futura rama madre basal, la cual, normalmente queda entre 50 a 70 cm desde el suelo. El resto de los brotes se dejarán en número máximo de 3 a 4, lo más espaciados posible a lo largo del tallo, en diferentes direcciones, y recortados a una longitud de unos 30 cm. (figuras 103 y 104). Esta operación se realiza durante el primer año, si la planta de vivero no traía emisión de brotes laterales o ellos eran insuficientes. Lo que se procura con esta poda es orientar el crecimiento del árbol de manera que forme un tronco bien definido (Figura 105), que sus ramas de armazón tengan una conexión firme con el tronco y que se vayan ramificando antes que se elonguen en demasía. El limonero es un árbol muy expuesto a desgaje y quiebre de ramas, cuando éstas no tienen una adecuada inserción en el tronco y cuando alcanzan demasiada longitud, respectivamente (Figura 106). Estos accidentes, generalmente ocurren en árboles muy cargados durante el invierno, debido al peso de los frutos más el del agua de lluvia que es retenida sobre el follaje.



Figura 103. Árboles de limonero con buena formación en su primer año de crecimiento en el huerto.



Figura 104. Los árboles de la figura anterior, un año después.



Figura 105. Limonero con mala inserción de ramas madres en el tronco. Fotografía, gentileza Dr. Thomas Fichet.



Figura 106. Desgaje de ramas, debido a su excesiva longitud y mal ángulo de inserción en el tronco.

Si durante el primer año, los brotes que darán origen a las ramas secundarias se elongan demasiado, se puede proceder a recortarlas a la longitud que se estime conveniente (comúnmente 50 cm). Si el crecimiento de los árboles no es suficiente, esta poda se puede postergar para el año siguiente. En este período también se debe podar los brotes “mellizos”(aquellos que salen de un mismo punto), dejando sólo uno.

De allí en adelante, durante el período de formación del árbol, la poda debe ser moderada, pues, de lo contrario, el árbol emitirá gran cantidad de chupones y postergará su entrada en producción. Durante estos años, sólo se procede a eliminar chupones y ramas mal ubicadas, especialmente de la parte

interior del árbol, y a recortar aquellas ramas que amenazan con elongarse en demasía. En el caso de plantaciones densas, en rectángulo, se debe iniciar la formación del seto cuando los árboles comienzan a toparse con sus ramas sobre la hilera y a competir por luz.

La formación del seto consiste en recortar ramillas por ambos costados del árbol, paralelo a la hilera, formando paredes levemente oblicuas, con un ángulo de 15° desde la vertical. Así, el árbol queda con una forma levemente más ancha en la parte baja. Esta operación se puede realizar por ambos lados de la hilera de árboles de una sola vez o alternando el corte de un costado un año con el del otro costado al año siguiente. Esta poda se debe iniciar oportunamente en la vida del huerto, de manera que sea suave, recortando sólo ramillas cortas y delgadas. Lo más conveniente es eliminar sólo los 30 cm más externos de la copa, lo cual significa recortar ramillas no más gruesas que 0,5 a 1 cm de diámetro. Si hay que realizar cortes más gruesos, significa que la intervención se hizo tarde; ya hay sombreamiento en exceso, mucha madera improductiva y, además, habrá fuerte emisión de chupones una vez realizada la poda.

La formación del seto, generalmente va acompañada por una poda de rebaje en la parte superior del árbol (Figura 107). Con ello se evita una altura excesiva en el árbol, lo cual determinará menor sombreamiento entre hileras, y mayor facilidad para realizar la cosecha y las aspersiones con pesticidas. Esta operación también debe realizarse oportunamente, pues de lo contrario será necesario eliminar mucha madera, con la consiguiente emisión de chupones muy vigorosos en la cima del árbol (Figura 108). El rebaje se puede realizar cortando horizontalmente o con un ángulo de 15° , por ambos lados, en forma de techo.

En general, se estima que, para un óptimo aprovechamiento de la luz, la altura de los árboles debería ser aproximadamente el doble de la distancia que queda entre el follaje de dos hileras vecinas, cuando la distancia de plantación elegida fue la correcta (Figura 109). El espacio que queda entre hileras, también debe permitir el libre paso de la maquinaria (Figura 110).

La formación del seto y el rebaje del árbol, generalmente se realizan a fines de invierno. Sin embargo, también se pueden ejecutar a mediados del verano, siempre que el árbol sea vigoroso. En la primera época, la poda



Figura 107. Poda mecanizada con la cual se está rebajando el seto.

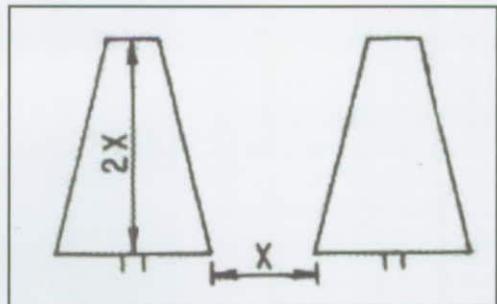


Figura 108. Limoneros de nueve años, variedad Lisboa injertada en Troyer citrange. Esta combinación presenta mucho vigor, el cual se hace evidente con la fuerte emisión de chupones que hubo a continuación de una poda de rebaje. En primer plano, árboles vueltos a ser podados para eliminar chupones. Fotografía gentileza Dr. Thomas Fichet.



Figura 110. Huerto de limoneros formando un seto. El material cortado con la poda fue picado con una máquina "chopper".

Figura 109. Vista frontal de hileras con árboles podados en seto, donde la altura del árbol es de aproximadamente el doble de la distancia que queda entre las hileras.



promueve una fuerte emisión de brotes vigorosos. Realizada en verano, en cambio, los brotes que aparecen después de la poda son más débiles y, probablemente, más proclives a producir fruta en la temporada que viene a continuación. Cualquiera sea la época, y aunque se coseche antes de realizarla,

como el limonero fructifica en diferentes períodos del año, la poda siempre va a significar la eliminación de una parte de la producción en diferente estado de desarrollo. Sin embargo, el efecto no es muy significativo, pues los frutos que mayormente se eliminan con el recorte de ramillas, son aquéllos ubicados en la periferia del árbol, generalmente más expuestos a daños por roce, viento y temperaturas extremas.

La poda del seto y el rebaje de árboles se pueden realizar manualmente con tijeras (y/o serrucho), o bien, mediante el uso de una máquina, conectada al tomafuerzas del tractor, consistente en sierras circulares rotatorias (Figura 111). La poda manual es más lenta, pero más prolija, pues selecciona el material a cortar, mientras que la máquina no es capaz de discriminar. La poda manual se puede realizar más rápidamente, empleando tijeras y motosierras accionadas por aire a presión (compresor). El material eliminado con la poda, generalmente se deja sobre el suelo, entre las hileras, para ser triturado con una máquina “chopper” o una astilladora (Figura 112).

Figura 111. Sierras circulares rotatorias forman parte de la máquina podadora.



Figura 112. Trituración e incorporación al suelo del follaje eliminado con la poda en un huerto de limoneros. Mallarauco, Región Metropolitana.



En ocasiones, la poda del seto se puede postergar algunos años, realizando podas de aclareo, eliminando a tiempo ramas completas, para permitir penetración de luz al interior del árbol. Incluso, la poda del seto se puede obviar totalmente si el tamaño que logran los árboles no amerita dicha operación.

La poda del árbol de limonero en producción, generalmente incluye el “levantamiento de polleras” (término que se utiliza en el campo, refiriéndose a la eliminación de ramas bajas que llegan hasta el suelo), cortando todas las ramillas y brotes a una altura de 40 cm desde el suelo (Figura 113). Esto facilita la aplicación de herbicidas, fertilizantes, agua de riego y, disminuye la incidencia de pudrición parda en los frutos y gomosis en el tronco. La poda de producción también incluye la eliminación de ramas y ramillas que estén en exceso (especialmente en el interior del árbol) y el recorte de aquéllas demasiado largas. Esto permitirá una mejor penetración de luz y una producción menos excesiva, con el consiguiente aumento en el tamaño del fruto. También, será necesario eliminar chupones y recortar los que se dejan, a unos 40 cm de largo, dependiendo de su diámetro. Estas operaciones, normalmente se realizan a fines de invierno, antes de la floración.



Figura 113. Cuando no se realiza poda, el árbol de limonero suele desarrollar ramas muy largas que, si no se quiebran, terminan por apoyarse sobre el suelo.

Una práctica que se realiza en algunos huertos, donde se privilegia el fruto de exportación, consiste en recortar, a comienzos del verano, las ramillas que están en la periferia más externa del árbol y cuyos frutos cuajados en la primavera quedan muy expuestos a sufrir daños mecánicos, a tomar un

color anaranjado o a adquirir una forma “pato”, aplanada en la parte superior, expuesta al sol. Esta fruta tendrá escaso valor comercial y competirá con el crecimiento de la restante.

En árboles de mayor edad, cuyo follaje se ha tornado demasiado denso, con muchas ramas “peladas” en el interior, con producción de frutos de tamaño inferior (Figura 114), se puede proceder a una poda de renovación (también mal llamada de rejuvenecimiento). Ella consiste en rebajar drásticamente las ramas madres del árbol, lo cual promoverá la emisión de numerosos brotes vigorosos a partir de las yemas latentes ubicadas en la madera adulta (figuras 115 y 116). Esto obligará a formar nuevamente la estructura del árbol, eliminando el exceso de brotes y recortando los restantes para favorecer la ramificación. Una alternativa menos drástica consiste en una renovación paulatina del árbol, con podas más suaves y sucesivas durante varios años. Así no ocurrirá el vacío de producción que se presenta con la poda de renovación drástica, donde el árbol tarda un par de años en recuperar su follaje y recomenzar su producción. Incluso, con un manejo adecuado de la poda a través de los años, puede que la poda de renovación nunca sea necesaria.

Figura 114. Limoneros adultos, aptos para poda de renovación.



Figura 115. Poda de renovación ya realizada, que ha originado rápida brotación de yemas latentes.





Figura 116. Los árboles en franca recuperación, tres meses después.



Figura 117. Tronco y ramas pintadas con látex blanco, al agua, después de una poda de renovación.

La poda de renovación se debe realizar a fines del invierno, teniendo la precaución de proteger la corteza de las ramas y tronco del impacto directo del sol (Figura 117). Esto se consigue pintando estas partes del árbol con látex blanco al agua, diluido con 20 – 30% de agua (no usar pinturas tipo óleo o esmalte, pues sus solventes son fitotóxicos).

Finalmente, se debe consignar que la poda de renovación sólo se puede practicar en árboles sanos, vigorosos y con su raíz en buenas condiciones. Es inútil tratar de rejuvenecer árboles débiles, con su raíz decadente o enferma, o con problemas de incompatibilidad patrón-injerto. Si estos árboles muestran cierta recuperación después de la poda, normalmente ella será efímera. Sin embargo, huertos abandonados, pero con sus árboles sanos, pueden responder bien a la reposición del manejo, complementado con poda de renovación.

RIEGO

A diferencia de lo que ocurre en numerosas regiones productoras de cítricos en el mundo, donde la mayor parte (y en algunos casos la totalidad) de las necesidades de agua del árbol son satisfechas con las precipitaciones, que se concentran en los períodos de mayor demanda, en Chile, el abastecimiento de agua de estos frutales depende, fundamentalmente, de su suministro mediante el riego. Hacia el norte del país las precipitaciones son escasas y, muchos años, nulas. En la Zona Central las precipitaciones ocurren casi exclusivamente durante el invierno, período en que la demanda de agua, por parte del árbol, es pequeña. En años de pluviometría normal o alta, el agua acumulada en el suelo, producto de las precipitaciones invernales, provee de este vital líquido a los árboles durante un tiempo en la primavera. Pero esta reserva de agua se agota justo en el momento en que comienza la temporada cálida, cuando el árbol aumenta fuertemente su consumo y necesidad. Esta demanda de agua se mantiene fuerte durante el verano y parte del otoño, hasta el momento en que las temperaturas bajan y, en muchos casos, las precipitaciones comienzan. Sin embargo, en años “secos” o en zonas más áridas, generalmente se debe continuar con los riegos, aunque menos frecuentes, en ese período. Contrariamente a la paralización que ocurre en el consumo de agua en los árboles de hoja caduca, cuando éstos entran en reposo invernal, los cítricos continúan transpirando a través del follaje (a un ritmo menor) y necesitando agua para el crecimiento de los frutos presentes en ese período.

Ateniéndose a estas consideraciones, sin duda, el riego (además de la cosecha cuya importancia es obvia) se posiciona como la práctica más trascendente en el manejo del huerto de limoneros y de todos los frutales en Chile.

En lo que se refiere al sistema de riego, las alternativas en el limonero son: el riego convencional (gravitacional), generalmente por surcos, y el riego “presurizado” (de bajo volumen y alta frecuencia), comúnmente por

goteo, aunque ocasionalmente se emplea la microaspersión, especialmente en suelos arenosos, muy permeables. Según el Catastro Frutícola 2004 (CIREN y ODEPA), en la Región Metropolitana, donde se concentra casi el 50% de la superficie plantada con limonero en Chile, el 36% de esta superficie se riega por surcos y el 61%, por goteo.

Sistema gravitacional o de baja frecuencia

Este sistema convencional, que funciona por gravedad, se basa en aplicar una alta cantidad de agua en cada riego, de manera de humedecer un considerable volumen de suelo. En huertos adultos se humedece el suelo bajo toda la superficie. El agua, así acumulada en el suelo, es utilizada paulatinamente mediante evapotranspiración durante un período relativamente largo, hasta que la humedad del suelo ya no está disponible para su absorción por las raíces. Mientras mayor es la capacidad de retención de agua del suelo mayor es el tiempo que tomará al cultivo en agotar el agua en él acumulada y, por lo tanto, más prolongado será el tiempo entre cada riego.

Los factores que más influyen en la retención de agua son la textura y la profundidad del suelo. Mientras más arcilloso y profundo es el suelo mayor es la cantidad de agua que éste retiene. Lo contrario ocurre con la textura arenosa y el suelo poco profundo. Entonces, se trata de regar de modo que el agua logre una profundidad suficiente para el normal desarrollo de las raíces y con la frecuencia necesaria para que las raíces utilicen el agua hasta el momento en que ya no queda suficiente disponibilidad para ellas.

Aproximadamente, la mitad del volumen de un suelo está constituida por partículas sólidas (arena, limo y/o arcilla). La otra parte del volumen corresponde a poros. En un suelo seco los poros están mayoritariamente ocupados por aire. Al regar, en la medida que el suelo se humedece, el aire de los poros es desplazado y el espacio se va llenando con agua. Concluido el riego, todos los poros están ocupados por agua y el suelo alcanza un estado de saturación, el cual no debe permanecer por mucho tiempo, pues las raíces necesitan oxígeno. Una vez que el agua drena en profundidad, el suelo alcanza un estado denominado “capacidad de campo”, donde se recupera parcialmente la aireación. Conforme las raíces comienzan a absorber agua, los poros continúan llenándose de aire, llegando un momento en que nuevamente es necesario regar.

En un suelo arenoso los poros son de mayor tamaño que en uno arcilloso y, por lo tanto, el agua infiltra con mayor rapidez pero, al mismo tiempo, es retenida con menor fuerza. Además, el volumen total ocupado por poros es menor que en un suelo arcilloso. Estas son las razones por las cuales, en un suelo arenoso, normalmente el riego se hace más rápido pero más frecuente que en uno arcilloso.

La profundidad que alcanza el riego en el suelo y la frecuencia con que él debe ser aplicado en el sistema de riego gravitacional requieren de mediciones objetivas en el suelo del huerto. Un instrumento muy útil en tal sentido es el tensiómetro. Éste mide el aumento en la fuerza con que el agua es retenida por el suelo a medida que va siendo utilizada por las raíces. Generalmente, se instalan en baterías de dos unidades en sectores representativos del huerto (Figura 118). Uno va a una profundidad de 30 cm y otro a 60 – 80 cm. El más superficial indica el momento en que se hace necesario regar y el otro señala si el tiempo de riego fue suficiente como para alcanzar esa profundidad y, simultáneamente, si hay problemas de mal drenaje. Sin embargo, el empleo del tensiómetro implica una permanente revisión y mantención del mismo en el campo. El empleo del barreno agrológico, también constituye un recurso que permite determinar la profundidad que ha alcanzado el agua de riego en el suelo y, al familiarizarse con él, además permite estimar, al tacto, la humedad del suelo (Figura 119).



Figura 118. Los tensiómetros, generalmente se colocan, uno a 30 cm y el otro a 60 cm de profundidad.



Figura 119. El barreno agrológico es una herramienta útil para conocer la humedad del suelo.

En sistemas de riego convencional, generalmente se aplica agua cuando la tensión a 30 cm de profundidad llega a 40 centibares (kilopascales) en suelos arenosos y 50 centibares en aquéllos arcillosos.

La longitud de los surcos y la distancia entre ellos dependen de las características del suelo y de la edad de los árboles. En un suelo de textura arenosa, los surcos no deben exceder los 50 a 60 metros de longitud, mientras que en uno de textura arcillosa pueden alcanzar los 150 metros.

En cuanto a la ubicación de los surcos, en árboles recién plantados, se suele trazar uno a cada lado de la hilera, muy cercanos a los troncos. Es fundamental que el agua humedezca totalmente las raíces de la planta, que en ese momento están muy poco desarrolladas (Figura 120). En la medida que los árboles se desarrollan, las raíces van explorando más suelo y, consecuentemente, los surcos se confeccionan más alejados de los troncos. Luego, es necesario ir agregando surcos entre las hileras, hasta que en la edad adulta se estima que los árboles ocupan, con sus raíces, toda la superficie del terreno. En ese momento se trazará un número suficiente de surcos distribuidos uniformemente en toda la entrehilera (figuras 121 y 122).

La distancia entre los surcos y, con ello el número de surcos entre las hileras, depende de la permeabilidad del suelo al paso del agua. En suelos de textura arenosa, el agua bajo el surco tiende a profundizar rápidamente y no

alcanza a humedecer mucho lateralmente. En suelos arcillosos, en cambio, el volumen de suelo que se humedece bajo el surco es bastante más ancho (Figura 123). Esto significa que en un suelo arcilloso el número de surcos a confeccionar es menor que en el arenoso. Por ejemplo, en un marco de plantación de 6 x 4 m, en un suelo arcilloso, puede que baste con tres surcos entre las hileras, mientras que en uno arenoso se requieran cinco o seis.



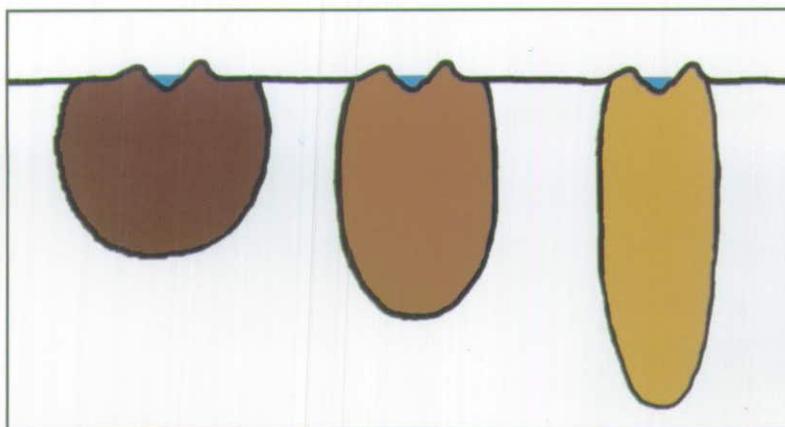
Figura 120. Riego por surcos en un huerto de cítricos jóvenes.



Figura 121. En este huerto joven de limoneros, se agregó un segundo surco a cada lado de las hileras. Lo que se ve al centro sólo corresponde a la huella de la rueda del tractor.



Figura 122. Huerto adulto de limoneros regados por surcos.



Elaborado por el autor

Figura 123. Distribución del agua bajo el surco según la textura del suelo, a igualdad de tiempo de riego. (Izquierda, suelo arcilloso; centro, suelo franco; derecha, suelo arenoso). Similar forma adquiere el bulbo húmedo de suelo con riego por goteo.

La profundidad de los surcos debe ser la mínima posible, para evitar con su confección, daño en las raíces. Además, el caudal de agua en ellos deber ser pequeño, para evitar erosión del suelo y pérdida de agua por derrame al final de los surcos. En el Cuadro 3 se presentan caudales máximos no erosivos y largo óptimo de los surcos según la textura del suelo.

Cuadro 3. Caudal máximo no erosivo (CMNO) y largo óptimo de surcos o bordes, según la textura del suelo y la pendiente.

Textura del suelo	Pendiente: 0,10%		Pendiente: 0,25%		Pendiente: 0,50%		Pendiente: 0,75%	
	CMNO (L/seg)	Largo Óptimo (m)						
Arenosa	0,50	80	0,38	65	0,33	47	0,26	34
Franco arenosa	0,65	112	0,55	81	0,45	58	0,37	42
Limosa	0,78	146	0,71	98	0,62	72	0,53	56
Franco limosa	1,05	168	0,89	117	0,79	89	0,67	68
Franca	1,32	185	0,93	135	0,86	95	0,73	72
Arcillo limosa	1,48	216	1,18	149	0,95	106	0,84	84
Franco arcillosa	1,66	259	1,27	177	1,06	110	0,92	93
Arcillosa	1,85	275	1,38	190	1,12	125	1,03	100

Fuente: Gurovich, L. 2001. Riego. pp. 139-172. En: Agenda del Salitre. SQM, SOQUIMICH Comercial. Santiago, Chile. 1.515 p.

Los surcos deben ser trazados en terreno parejo y nivelado, con una pendiente no superior al 2%. Ello asegura el libre escurrimiento del agua y evita el encharcamiento y la erosión del suelo. En terrenos con mayor inclinación los surcos se confeccionan en curvas de nivel, para lo cual, la plantación se debe realizar con esa configuración (véase Capítulo 8).

En la Figura 124 se puede observar la distribución del agua desde la acequia matriz hacia los surcos, mediante el empleo de sifones.



Figura 124. El empleo de sifones constituye una buena forma de extraer el agua desde la acequia matriz y permite regular el caudal hacia los surcos de riego.

Riego “presurizado” o localizado de bajo volumen y alta frecuencia

Aunque el riego gravitacional continúa vigente en el cultivo de los cítricos, es una opción cada vez más desplazada por el riego “presurizado”. Este último, no sólo es el sistema indicado para plantaciones en pendiente o en terrenos irregulares o en camellones, sino que, además, presenta ventajas como lo economía de agua (20 a 30%), su facilidad de operación, el menor riesgo de erosión y de saturación del suelo con agua y la eficiencia en el uso de los fertilizantes (fertirriego).

Este sistema, cuya máxima expresión es el riego por goteo, más que acumular agua en el suelo, para que las plantas la utilicen durante un período relativamente largo, como ocurre en el riego gravitacional, persigue reponer, con un riego de algunas horas, el agua transpirada por las plantas durante uno o dos días (en suelos arenosos) o durante varios días (en suelos arcillosos). En riego por goteo se humedece sólo una fracción del volumen de suelo ocupado por el huerto adulto (aproximadamente un 40%). El agua se aplica en forma localizada, de manera que humedezca un volumen limitado de suelo, comúnmente

denominado "bulbo húmedo". En él se concentra una alta cantidad de raíces y raicillas absorbentes, aunque en zonas de mayor pluviometría también hay muchas raíces que se desarrollan fuera del bulbo. La localización del agua en el sector con mayor concentración de raíces permite una alta eficiencia en el uso del agua y, al mismo tiempo, disminuye la saturación del suelo, consiguiéndose una adecuada aireación a nivel de las raíces.

Como no se humedece todo el suelo del huerto, el volumen del bulbo húmedo se puede mantener con un mayor contenido de agua y, por lo tanto, los riegos se aplican con mayor frecuencia que en el sistema gravitacional (comúnmente cuando la lectura del tensiómetro dentro del bulbo llega a 20 centibares en el suelo arenoso o 35 centibares en el arcilloso).

Además, en este sistema de riego, el suministro de agua se puede programar de manera bastante precisa, acorde con el consumo diario de agua por los árboles del huerto. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Etc = Eto \times Kp \times Kc$$

Donde:

Etc = Evapotranspiración (mm de agua extraídos desde el suelo por la transpiración de las plantas más la evaporación de agua directamente desde el suelo).

Eto = Evapotranspiración potencial, medida en bandeja evaporímetro clase A (mm de agua). (Figura 125). También se puede calcular mediante modelos computacionales, que utilizan datos meteorológicos como radiación solar, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa.

Kp = Coeficiente de bandeja evaporímetro, que toma en cuenta las condiciones climáticas en el momento de la lectura y la ubicación del tanque evaporímetro (generalmente oscila entre 0,70 y 0,80).

Kc = Coeficiente de cultivo.

El coeficiente de cultivo depende de la especie, el estado fenológico y el manejo del huerto. En el caso del limonero los valores de Kc se situarían alrededor de 0,8. Sin embargo, varían según la época del año, materia en la cual aún no se cuenta con suficiente investigación en Chile.



Figura 125. Bandeja evaporimétrica clase A.

Esta fórmula determina la necesidad de agua de un huerto adulto. En huertos jóvenes, la evapotranspiración es bastante proporcional al área que ocupa cada árbol (sombra que proyecta la copa en el suelo) y, por lo tanto, se debe ajustar según el porcentaje de superficie sombreada. La superficie sombreada se supone equivalente al cuadrado del diámetro de la copa (D^2), expresado en m^2 . El porcentaje de sombra (PSs) se estima a partir de la división del marco de plantación, en m^2 por el valor (D^2). Cuando dicha cifra es superior a 50%, el valor de PSs es 1,5 y cuando es inferior, el valor es de 1,7. En el Cuadro 4 se presenta el porcentaje aproximado en la Etc para huertos en formación, según el porcentaje de sombra.

Cuadro 4. Ajuste de la Etc según el porcentaje de sombra que proyectan los árboles en la superficie del huerto.

Porcentaje de sombra	10	20	30	40	50	60	70
Porcentaje de la Etc	23	36	49	62	75	88	100

Fuente: Magdahl C. 2001. Citricos. pp. 871-885. In: Agenda del Salitre. SQM, SOQUIMICH Comercial. Santiago, Chile. 1.515 p.

Entonces, el cálculo aproximado de las necesidades de agua de un árbol, para un mes, se calcula según la expresión:

$$\text{Etc (m}^3/\text{mes)} = \text{Eto (m/mes)} \times \text{Kp} \times \text{Kc} \times \text{D}^2 (\text{m}^2) \times \text{PSs}$$

Otra consideración en el suministro de agua se refiere al requerimiento de lavado, es decir, la cantidad adicional de agua que se debe suministrar en cada riego para evitar la salinización del suelo. El requerimiento de lavado (RL) se puede estimar dividiendo la conductividad eléctrica del agua de riego por dos

veces la conductividad eléctrica máxima en que se desea mantener el suelo para el cultivo (en el caso del limonero se estima en 2,5 dS/m).

Sin embargo, para que el lavado de sales solubles sea efectivo, y no se produzca saturación en el subsuelo, es indispensable que exista una buena capacidad de drenaje del agua en profundidad.

El problema con la aplicación del requerimiento de lavado radica en el hecho de que, junto con los iones no deseables (mayoritariamente cloruro), se arrastran fuera de la zona de raíces algunos nutrientes móviles, como el nitrato. Esta materia se debe considerar en la fertilización, especialmente cuando el agua de riego contiene un nivel mayor de sales, que obliga a un alto requerimiento de lavado.

Finalmente, la cantidad de agua a aplicar dependerá de la eficiencia del riego, es decir, de la fracción del agua aplicada al suelo que puede ser efectivamente utilizada por el cultivo. La eficiencia depende principalmente del sistema de riego, del tipo de suelo y de la presencia de malezas u otra cubierta herbácea existente en el huerto. Asumiendo un buen manejo del riego, en sistemas gravitacionales la eficiencia, generalmente oscila entre 40 y 50% mientras que en aquéllos “presurizados” sube a 60 - 80%. Sin embargo, estas cifras suelen ser bastante menores por malas prácticas de riego. Por su parte, una cubierta herbácea densa (malezas o empastada) puede aumentar el consumo de agua en un 20 - 30%, lo que significa disminuir la eficiencia del riego en esa proporción.

En otras palabras, los metros cúbicos calculados como necesidad de agua del cultivo deben dividirse por la eficiencia del riego expresada en fracción (%/100).

El tiempo de riego requerido para suplir la Etc del cultivo debe considerar el marco de plantación (A_p en m^2), la eficiencia del método de riego (Efa en %/100), el número de emisores por planta (N_e) y la descarga de los emisores (Q_e en L/h), de acuerdo a la siguiente relación:

$$TR \text{ (horas/día)} = \frac{(\text{Etc (mm/día)} \times A_p)}{(\text{Efa} \times Q_e \times N_e)}$$

Esta ecuación funciona en la medida que el número de emisores por planta sea adecuado.

En el sistema de riego “presurizado” el agua es conducida a presión mediante cañerías matrices de PVC a los distintos sectores del huerto y cañerías de PE a cada árbol en particular.

En el caso del riego por goteo, generalmente se instala una línea de cañería sobre la hilera de plantación, con un gotero (generalmente de 4 L/h) justo frente a cada árbol (a unos 10 - 20 cm), asegurándose que humedezca bien las raíces, poco desarrolladas, de la planta joven (Figura 126). A medida que el árbol va creciendo se agregan más goteros sobre la cañería, distanciados a unos 60 a 100 cm, dependiendo de la permeabilidad del suelo. En suelos arenosos (muy permeables) la distancia es menor que en los arcillosos, pues, en ellos, el bulbo húmedo es más angosto (Figura 123). Para un adecuado desarrollo de las raíces, debe conseguirse continuidad de mojamiento en el suelo, con traslape de los bulbos bajo la superficie del suelo en la línea de goteros, al menos, frente a cada árbol.

En suelos arcillosos puede que baste con una línea de goteros. En los arenosos, generalmente se instala una segunda línea, al otro lado de la hilera.

El número de goteros por árbol se puede calcular según la siguiente expresión:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de goteros/árbol} = (\text{SM} \times \text{MP}) / 100 \text{ SMG}$$



Figura 126. Riego por goteo en limoneros en su primer año en el huerto. Longotoma, V Región.

Donde:

SM = % de superficie de suelo a mojar (en %/100)

MP = marco de plantación en m²

SMG = superficie mojada por un gotero a 30 cm de profundidad en m²

Ahora bien, tratándose de riego por microaspersión, el volumen de suelo que se moja es mayor que con goteros. Por lo tanto, los riegos se aplican más distanciados, comúnmente, cuando la tensión ha llegado a 30 y 45 centibares en suelos arenosos y arcillosos, respectivamente. Se podría afirmar que el sistema de microaspersores presenta un comportamiento intermedio entre el riego gravitacional y el de goteo.

Comúnmente, se instala uno o dos microaspersores por árbol. El caudal de éstos varía entre 30 a 50 L/h y, normalmente, se ubican a 1 ó 2 m del tronco. (Figura 127).

Hasta el momento nos hemos referido a la aplicación del riego “presurizado” desde el momento de la plantación del huerto. Sin embargo, también es posible el cambio desde un sistema gravitacional a uno “presurizado”, en un huerto adulto. Este cambio debe considerar, eso sí, que el árbol estaba “acostumbrado” a absorber agua por una enorme masa de raíces, que ocupaba un gran volumen de suelo. Por lo tanto, el cambio debe ser paulatino. Se



Figura 127. Huerto de limoneros, regándose por microaspersión.

debe iniciar durante el invierno, cuando el árbol tiene una baja demanda de agua. Luego, se irá poco a poco reemplazando un sistema por otro. Es decir, se deberá continuar con el riego convencional, cada vez más distanciado, hasta que nuevas raíces hayan invadido los bulbos mojados por el riego a goteo. Este proceso generalmente tarda un año, aunque depende del sistema gravitacional empleado. El cambio de sistema es menos drástico con microaspersión que con goteo, considerando que, generalmente cubre una mayor superficie de suelo.

Encharcamiento

La presencia prolongada de agua en el suelo desplaza el oxígeno del suelo por un período suficiente como para producir asfixia de las raíces. Las raíces de los cítricos no son afectadas inmediatamente por los bajos contenidos de oxígeno en el suelo, pero son muy sensibles a la presencia de sulfuro de hidrógeno (SH_2), que se produce debido a la acción de bacterias reductoras del azufre. La producción de SH_2 y la importancia de los daños sobre las raíces son función de la temperatura, el contenido de materia orgánica y la actividad microbiana en el suelo.

A temperaturas altas (sobre 30°C), las raíces de los cítricos pueden morir en tan sólo tres o cuatro días de encharcamiento. En cambio, a temperaturas inferiores a los 15°C pueden sobrevivir semanas e, incluso, meses. Por otra parte, los suelos ricos en materia orgánica son reducidos a mayor velocidad que los que poseen bajos niveles de ésta, o que los suelos arenosos.

La primera respuesta de los árboles al encharcamiento es una disminución en su fotosíntesis y transpiración, como consecuencia del cierre de los estomas de las hojas. Si el encharcamiento continúa, con bastante posterioridad se manifestarán los problemas derivados de esta disminución fisiológica (menor crecimiento vegetativo, menor producción o tamaño del fruto) y después pueden aparecer los síntomas drásticos que origina el daño de SH_2 y asfixia en las raíces, los que, incluso, pueden incluir la muerte del árbol.

El encharcamiento del suelo también facilita el ataque de enfermedades fungosas de la raíz y del tronco, la mayoría causadas por hongos del género *Phytophthora* (véase Capítulo 19).

NUTRICIÓN MINERAL Y FERTILIZACIÓN

La fertilización corresponde a las cantidades totales de elementos minerales que se debe aplicar, según el estado nutricional, para sostener un normal crecimiento, una alta productividad y una óptima calidad de fruta en los árboles.

La mejor herramienta para determinar el estado nutricional de los árboles es el análisis foliar. Éste consiste en determinar la concentración de elementos minerales en las hojas, para compararla con niveles estándares de uso universal, en este caso, para limonero (Cuadro 5). Los estándares en esta especie se han establecido para hojas procedentes de brotes sin frutos, desarrollados en la primavera. La recolección de muestras foliares para los cítricos se realiza desde febrero a mayo en la Zona Central de Chile, correspondiendo entonces, a hojas de tres a siete meses de edad. Las hojas se toman con su pecíolo adherido, desde la parte central de los brotes mencionados, en un número de cuatro hojas por árbol (una desde cada punto cardinal), hasta completar 80 a 100. El muestreo debe considerar árboles representativos del huerto (o sector del huerto), cuya situación nutricional se desea evaluar. Generalmente, se recomienda muestrear separadamente los sectores del predio con árboles de diferente variedad, edad, condición de suelo o diferente vigor, producción o sintomatología. Ello, además de conocer el estado nutricional de cada sector, permitirá determinar, con mayor exactitud, si la diferencia en el estado de los árboles obedece a la presencia deficitaria o excesiva de determinado elemento mineral.

Al comparar con las cifras estándares, cuando un nutriente se encuentra en el rango “bajo” y, mas aún si está “deficitario”, ello significa que se deberá implementar un plan de fertilización, aplicando ese nutriente o aumentando la dosis o la frecuencia empleada hasta el momento.

Cuadro 5. Niveles estándares para elementos minerales en el análisis foliar de cítricos. (Hojas de cuatro a siete meses de edad en brotes originados en primavera, sin frutos).

Concentración en hoja					
Elemento	Deficitario	Bajo	Normal	Alto	Excesivo
N (%)	< 2,2	2,2 - 2,4	2,4 - 2,7	2,7 - 3	> 3
N limonero (%)	< 1,9	1,9 - 2,1	2,1 - 2,4	2,4 - 2,6	> 2,6
P (%)	< 0,09	0,09 - 0,11	0,11 - 0,16	0,16 - 0,25	> 0,25
K (%)	< 0,5	0,5 - 0,7	0,7 - 1,4	1,4 - 1,7	> 1,8
Ca (%)	< 1,8	1,8 - 3,0	3,0 - 5	5 - 6	> 6
Mg (%)	< 0,19	0,20 - 0,29	0,30 - 0,6	0,6 - 1	> 1
Fe (ppm)	< 35	35 - 59	60 - 120	121 - 200	> 200
Mn (ppm)	< 16	16 - 24	25 - 100	100 - 300	> 500
Zn (ppm)	< 16	16 - 24	25 - 100	100 - 300	> 300
Cu (ppm)	< 3	3 - 5	5 - 16	16 - 22	> 22
B (ppm)	< 20	21 - 30	30 - 100	100 - 250	> 250
Na (%)	-	-	-	0,17 - 0,25	> 0,25
Cl (%)	-	-	-	0,30 - 0,70	> 0,70

Elaborado por el autor considerando diversas fuentes.

Por el contrario, el nivel “alto” y, sobre todo, el “excesivo” estaría indicando un sobreconsumo de ese elemento. Por lo tanto, habrá que prescindir, por un tiempo, de su aplicación o bajar la cantidad del fertilizante. En casos de toxicidad será necesario adoptar alguna medida especial, generalmente, lavado del suelo con abundante agua de riego.

Finalmente, el nivel normal señala un adecuado abastecimiento y que, por lo tanto, no se debería variar mayormente el plan de fertilización seguido la temporada anterior, salvo casos especiales.

El empleo de análisis foliar año tras año permite visualizar la evolución que experimenta la nutrición del huerto y, de esta manera, ir ajustando el plan de fertilización.

Los elementos que con mayor frecuencia son motivo de consideración en el limonero en Chile son: nitrógeno, potasio, magnesio, hierro, zinc y manganeso (además del cloruro, sodio y boro en suelos salinos).

Nitrógeno

Es el elemento mineral más importante y tiene un papel clave en el crecimiento vegetativo, en la floración y en el cuaje de frutos. Su déficit se traduce en escaso crecimiento del árbol, menor cuaje y tamaño de fruto, y una pérdida progresiva de intensidad en el color verde de las hojas, generalizada en todo el árbol (figuras 128 y 129). Este déficit suele presentarse en suelos de baja fertilidad, cuando no se aplica suficiente fertilizante nitrogenado o cuando éste se pierde por lixiviado en el exceso de agua o fuerte competencia de las malezas. Afortunadamente, las plantas responden rápidamente a la aplicación de este nutriente.



Figura 128. Severa carencia de nitrógeno en limonero

Figura 129. Izquierda: hoja de limonero con carencia de nitrógeno; derecha: hoja normal.



Sin embargo, tanto o más frecuente que la carencia, el problema con el nitrógeno radica en su exceso. Un suministro excesivo de nitrógeno, normalmente causa un crecimiento demasiado vigoroso en el árbol. Éste emite gran cantidad de chupones, ocurren problemas de sombreamiento en el interior de la copa, la floración suele disminuir y los frutos tienden a presentar una cáscara gruesa y rugosa. En situaciones extremas pueden presentarse quemaduras en las hojas (Figura 130) e, incluso, la muerte del árbol en el caso de plantas jóvenes, las cuales son muy sensibles a la fitotoxicidad de los fertilizantes nitrogenados en altas dosis.



Figura 130. Síntomas de toxicidad de nitrógeno (amonio) en limonero.

La dosis de fertilización depende de la situación existente en cada huerto en particular y está regida por la demanda de las plantas, su vigor, su estado nutricional, la cantidad de nitrógeno presente en el suelo y en el agua de riego y la eficiencia de la aplicación del fertilizante.

En efecto, si se desea calcular ajustadamente la dosis de nitrógeno, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Dosis N} = \frac{\text{demanda de cultivo} - (\text{aporte del suelo} + \text{aporte del agua de riego})}{\text{eficiencia de la fertilización (en \% / 100)}}$$

La demanda del cultivo corresponde a la cantidad de nitrógeno que, en este caso, el limonero extrae por hectárea durante el año (la cual dependerá de la edad de los árboles, su nivel de nitrógeno en las hojas y la producción de fruta; esto último lo más gravitante en árboles adultos).

El aporte del suelo corresponde a la cantidad de nitrógeno que es mineralizada a partir de la materia orgánica durante el año. Este aporte es más importante en riego convencional que en fertirriego, pues, en este último, las raíces exploran un menor volumen de suelo (aproximadamente la tercera parte).

El agua de riego puede aportar cantidades significativas de nitrógeno (nitrato), especialmente en fertirriego, donde la eficiencia en el uso del agua es mayor. La cantidad de nitrógeno que aporta el agua de riego se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{kg N/ha} = \frac{[\text{NO}_3] \times V_r \times 0,26}{1.000} \times F$$

Donde:

$[\text{NO}_3]$ = concentración de nitrato en el agua expresada en mg/L

V_r = volumen total de riego en m^3/ha

0,26 = factor de conversión de NO_3 a N

F = factor de eficiencia de riego (oscila entre 0,3 y 0,8, según el sistema de riego)

Finalmente, la eficiencia de la fertilización corresponde a la fracción de la cantidad de nitrógeno aplicado, que es efectivamente absorbida por las raíces. En riego convencional suele ser 0,30 – 0,40, mientras que, en fertirriego asciende a 0,60 – 0,80.

Sin desmedro de estas consideraciones, en el Cuadro 6 se presentan cifras aproximadas de fertilización nitrogenada al suelo, que comúnmente se utilizan en el limonero en Chile, según la edad del árbol y el sistema de riego. Estas cifras deben tomarse como una referencia muy general.

Cuadro 6. Dosis tentativas anuales de nitrógeno para el limonero según su edad, considerando un marco de plantación de 6 x 4 m.

Año	Riego gravitacional	Riego "presurizado"
	g N/árbol/año ¹	g N/árbol/año
1	80	80
2	150	150
3	200	180
4	230	200
	kg N/ha/año	kg N/ha/año
5	110	90
6	110	90
7	130	100
8	130	100
9 a 20	150	120

¹ La cantidad equivalente de fertilizante se calcula según su concentración de N.

En riego gravitacional, la dosis se reparte, desde la primavera hasta fines del verano, en unas ocho parcialidades el primer y segundo año, seis el tercer año, cuatro el cuarto y, de allí en adelante, dos al año; generalmente, la primera a fines de invierno y la segunda a comienzos del verano. En este tipo de riego, el fertilizante generalmente se aplica en una zona del suelo que va desde las cercanías del tronco hasta un 50% más afuera que la proyección de la copa, teniendo presente, en todo caso, que se debe aplicar en los lugares por donde pasa el agua de riego, pues ésta es la encargada de transportarlo disuelto hacia las raíces.

En riego "presurizado", donde el fertilizante se aplica disuelto en el agua (fertirriego), normalmente la dosis anual se reparte durante toda la temporada de riego, fraccionada en cada riego o cada dos o tres riegos, aunque los períodos críticos siguen siendo los mismos y se les debe prestar especial atención.

Los cítricos responden bien a la aspersión foliar con urea. Ésta es una opción interesante cuando se requiere una respuesta rápida de los árboles, especialmente, cuando hay problemas de raíces o de limitaciones físicas en el suelo.

También constituye una opción en lugares donde los niveles de nitrato en las aguas subterráneas son elevados, ya que la incorporación directa del nitrógeno a las hojas evita seguir contaminando estas aguas. Como los cítricos son sensibles al daño por biureto (Figura 131), en estas aspersiones se debe utilizar urea con bajo contenido de este compuesto. Las aspersiones con urea, generalmente se realizan en primavera (antes y/o después de la floración) a una concentración de 0,65% en agua (650 gramos de urea por 100 L de agua).



Figura 131. Amarillez en la punta de las hojas, causada por una aspersión al árbol con una solución de urea con alto contenido de biureto.

Potasio

El potasio es un nutriente utilizado preferentemente y en grandes cantidades por los frutos. Por este motivo, su aplicación es más importante en árboles en producción y puede ser indispensable en huertos de alto rendimiento, donde sea necesario reponer anualmente lo que el árbol sustrajo del suelo. La aplicación de fertilizante potásico es particularmente necesaria en suelos arenosos (que normalmente son pobres en potasio); en suelos arcillosos, ricos en arcillas de dos láminas, como la ilita y la montmorillonita (que fijan fuertemente a este nutriente), y en árboles con problemas de crecimiento en sus raíces (pues tratándose de un nutriente de escasa movilidad en el suelo, sobre todo en suelos arcillosos, su absorción depende de la capacidad que tengan las raíces de ir en su búsqueda, para entrar en contacto con él e intercambiarlo

con el suelo). Muchos de los suelos donde se cultiva el limonero en Chile tienen grandes reservas de potasio y, por lo tanto, su aplicación va a depender, fundamentalmente, del estado de las raíces, de los niveles de producción de fruta y del nivel de potasio en las hojas, que entregue el análisis foliar. Sin embargo, tratándose de un elemento cuya respuesta por los árboles, generalmente es lenta (a veces un año), su aplicación se debe realizar oportunamente, cuando el nivel foliar de este elemento comienza a bajar, aunque todavía se encuentre en la zona inferior del rango normal.

Por otra parte, se debe considerar que el potasio es, probablemente, el nutriente que más influye en el crecimiento del fruto. En consecuencia, su empleo puede ser especialmente importante en árboles con problemas de calibre en sus frutos. Sin embargo, altos niveles de este nutriente pueden provocar un excesivo grosor en la cáscara.

Las dosis de potasio están muy relacionadas con la textura del suelo. Mientras más fina es ésta (más arcillosa) mayores son las cantidades de fertilizante a aplicar. De hecho, los niveles de potasio que se consideran como normales en el análisis de suelo son directamente dependientes de la textura (Cuadro 7).

Cuadro 7. Nivel de fertilidad potásica en el suelo según la textura.

Textura del suelo	K intercambiable en suelo (ppm) ¹			
	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
< 10% arcilla	50	80	125	175
20% arcilla	75	100	200	300
30% arcilla	100	150	275	350
> 40% arcilla	125	175	300	400

Fuente: Domínguez, A. 1993. Fertilización. Edic. Mundi-Prensa. Barcelona. 217 p.

¹ ppm de K intercambiable (método acetato amónico 1N).

La fertilización potásica también es dependiente del sistema de riego. En sistemas localizados de alta frecuencia, donde las raíces absorbentes se concentran dentro del bulbo húmedo, la necesidad de realizar fertilización suele ser mayor que en riego gravitacional, donde las raíces exploran un gran volumen de suelo y así logran entrar en contacto con el potasio que, como se dijo, es poco móvil.

Como se ha podido apreciar, la necesidad de aplicar fertilizante potásico y la dosis a emplear son aspectos absolutamente dependientes de las condiciones presentes en cada huerto en particular. En el Cuadro 8, sólo a modo de ilustración, se presenta un plan teórico de fertilización potásica que, en ningún caso, constituye una recomendación, pues existen muchos huertos donde, incluso, se puede prescindir de la aplicación de este elemento por varios o muchos años y, hay otros, donde será necesario aplicarlo anualmente.

Debido al antagonismo que existe entre el potasio y el magnesio para su absorción por las raíces, especial cuidado se debe tener con el uso desmedido de fertilizante potásico, especialmente en huertos proclives a la deficiencia de magnesio. La aplicación de potasio puede inducir o agravar una carencia de magnesio, la cual suele ser tanto o más problemática que la del propio potasio, en sus efectos y en su corrección. En este caso, la aportación de potasio, si es necesaria, se podría realizar vía aspersión foliar con nitrato de potasio, normalmente, a una concentración del 2% en agua. Los cítricos, generalmente responden bien a este tratamiento foliar, pero ha sido poco estudiado en el limonero, motivo por el cual su empleo debería estar condicionado a prueba previa.

Cuadro 8. Fertilización potásica empleada en algunos huertos de limonero en Chile, según la edad del árbol.

Año	Dosis
	g K ₂ O/árbol/año ¹
1	-
2	-
3	80
4	120
	kg K ₂ O/ha/año
5	80
6	90
7	100
8	110
9 - 20	120

¹ La cantidad equivalente del fertilizante se calcula según su concentración de K₂O.

En riego convencional, la aplicación de potasio al suelo, normalmente se realiza en el invierno, en un surco a cada lado del árbol y a la profundidad donde comienzan a aparecer las raicillas. En riego "presurizado" se puede

inyectar el fertilizante, en cada riego o cada cierto número de riegos, a través de la temporada, con especial énfasis en el período de desarrollo de los frutos. Sin embargo, el fraccionamiento excesivo de la dosis disminuye la eficiencia de la aplicación, al aumentar las posibilidades que el potasio sea fijado por el suelo, especialmente, cuando éste es de textura arcillosa, aunque en fertirriego disminuye el efecto moderador (“buffer”) del suelo.

Magnesio

El déficit de magnesio es un problema relativamente común de los cítricos en Chile. Se presenta como una clorosis (amarillez) de la hoja, que excluye la zona de la lámina cercana a la vena principal y, a veces, también a las venas secundarias. Debido a su alta movilidad dentro de la planta, la clorosis se manifiesta, principalmente, en las hojas de mayor edad, ubicadas en la base de los brotes o las ramillas (Figura 132).



Figura 132. Ramillas de limonero. Izquierda: con síntomas de carencia de magnesio; derecha: carencia de hierro.

Aunque el magnesio se puede aplicar al suelo o vía fertirriego, la carencia de este elemento, generalmente se corrige mediante aspersiones foliares con productos fertilizantes que lo contengan, disueltos en agua. Entre éstos, la literatura cita el sulfato de magnesio al 1% más nitrato de calcio al 0,8%, el nitrato de magnesio al 1% o los fertilizantes foliares compuestos y portadores de magnesio, según prescripción del fabricante.

Las aspersiones, generalmente se realizan en la primavera.

En suelos propensos a generar la carencia de magnesio, se puede incorporar la aplicación de un fertilizante magnésico al plan de fertilización anual del suelo. Las dosis de MgO a utilizar suelen corresponder, aproximadamente, a la mitad de aquéllas recomendadas para K_2O .

Micronutrientes

Los micronutrientes, aunque son utilizados en pequeñas cantidades por las plantas, son tan esenciales para éstas como los macronutrientes, desempeñándose principalmente como activadores enzimáticos en diversos procesos metabólicos. En el caso del limonero, los microelementos cuya carencia es más frecuente en Chile son el hierro, zinc y manganeso.

Hierro

La carencia de hierro se manifiesta con un color amarillo que afecta a las hojas jóvenes, ubicadas hacia la punta de los brotes (figuras 132, 133 y 134). Las venas de la hoja permanecen de color verde, como un reticulado que contrasta con el color amarillo de la lámina. La causa de este problema en el limonero en Chile, comúnmente llamado "clorosis férrica", no obedece a escasez de hierro en el suelo, sino a su insolubilización, debido a condiciones alcalinas (pH sobre 7), presencia de carbonatos en el suelo (sobre 8%) o bicarbonatos en el agua de riego (sobre 4 meq/L). El problema es exacerbado cuando existen condiciones de exceso de humedad en el suelo.

Debido a que es un nutriente de muy poca movilidad en la planta, las aspersiones foliares, generalmente ofrecen una respuesta sólo parcial (Figura 135). La vía más utilizada para corregir la clorosis férrica consiste en la aplicación al suelo del quelato Fe-EDDHA, el que es incorporado manualmente, o disuelto en el agua en el caso de fertirriego. La dosis debe ser calculada según la edad y tamaño de los árboles y la intensidad de la clorosis, de acuerdo con las instrucciones del fabricante o distribuidor. Su efecto, normalmente perdura durante dos años.

Zinc

La carencia de zinc, aunque menos frecuente que en el naranjo, también afecta al limonero en determinados huertos en Chile. Se manifiesta en



Figura 133. Síntomas característicos de la carencia de hierro.



Figura 134. Árbol de limonero que muestra clorosis en las hojas nuevas, a causa de una carencia de hierro.

Figura 135. Hojas de limonero, mostrando respuesta parcial y localizada a una aspersión realizada al árbol con una solución de un compuesto ferroso.



Figura 136. Hojas de limonero con síntomas de carencia de zinc.



forma de un follaje compacto, formado por hojas pequeñas, aguzadas y con clorosis intervenal (Figura 136). Los frutos también son de menor tamaño que el normal. Es un problema que se presenta, preferentemente, en suelos de origen granítico o en terrenos ocupados anteriormente a la plantación con una fuerte carga animal (por ejemplo, corrales). El pH alcalino en el suelo también disminuye la disponibilidad de zinc para las plantas.

La carencia de zinc no es de fácil solución. Generalmente se realizan aspersiones foliares en la primavera, preferentemente, justo antes de la floración, con una solución de sulfato de zinc al 0,125% (125 gramos de sulfato de zinc por 100 litros de agua) o con un fertilizante foliar que incluya zinc en su formulación.

En el caso de huertos manejados con fertirriego, también se puede optar por la inyección de sulfato de zinc o quelato de zinc al agua de riego, fraccionadamente durante toda la temporada. En el caso del sulfato de zinc, la dosis de este producto en un año puede superar los 100 kg por hectárea en huertos adultos y, probablemente, la aplicación no sea necesario repetirla sino dos o tres años después.

Manganeso

La carencia de manganeso se manifiesta con la presencia de bandas de un color verde amarillento que se alternan con bandas verdes ubicadas adyacentes a las venas de la hoja (Figura 137). En la Figura 138 se puede observar la diferencia entre este síntoma y el de la carencia de magnesio, mientras que en la Figura 139, la diferencia con el de carencia de zinc. Es común en suelos con un bajo contenido de este nutriente, lo cual es agravado cuando el pH supera los 7 puntos.

El déficit se puede corregir mediante la aspersión foliar en la primavera (preferentemente, justo antes de la floración), con una solución de sulfato de manganeso al 0,125% en agua (125 gramos de sulfato de manganeso por 100 litros de agua) o utilizando un fertilizante foliar formulado con este micronutriente.

En cítricos, es frecuente la carencia simultánea de zinc y manganeso. La aspersión de ambos nutrientes mezclados suele ofrecer buenos resultados.



Figura 137. Carencia de manganeso en limonero.



Figura 138. Izquierda: carencia de manganeso; derecha: carencia de magnesio.



Figura 139. Izquierda: carencia de manganeso; derecha: carencia de zinc.

En la Figura 140 se puede observar el efecto sobre los síntomas de carencia, que en un ensayo realizado en naranjos, tuvieron dos aspersiones realizadas solas o mezcladas, de ambos nutrientes.

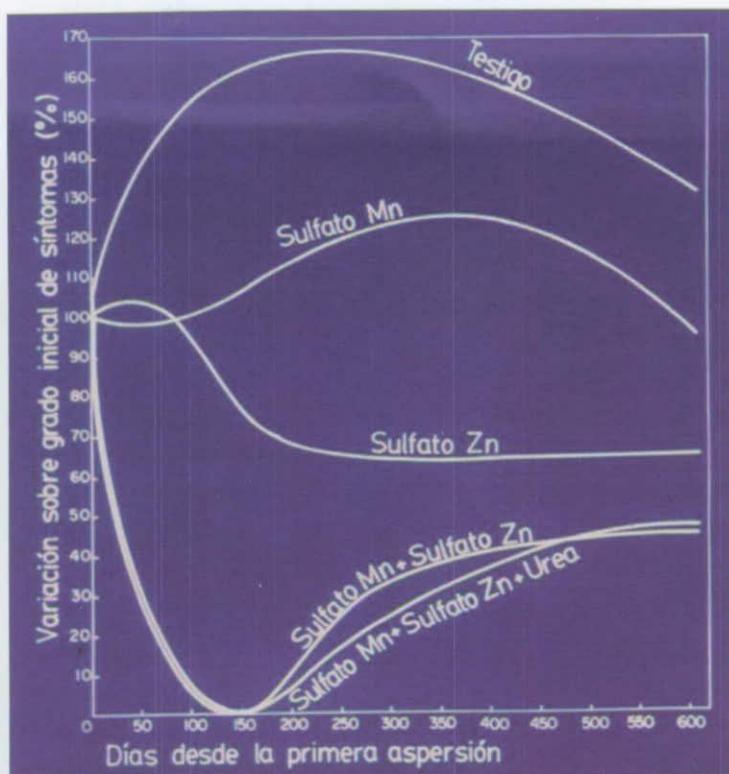


Figura 140. Evolución de los síntomas de carencia simultánea de zinc y manganeso, en respuesta a una aspersión foliar realizada justo antes de la floración en naranjo.

Fertilizantes compuestos

Finalmente, es necesario mencionar que existen fertilizantes compuestos, tanto foliares como solubles para fertirriego, en cuya formulación se han incluido varios o muchos nutrientes. Ellos son especialmente indicados para aquellas situaciones donde es necesario aplicar diversos nutrientes simultáneamente. Su elección dependerá de cada caso en particular.

Consideraciones adicionales para fertirriego

En fertirriego se debe tener presente que, mientras más distanciada se hace la inyección del fertilizante, mayor es la concentración de él en el agua y, por lo tanto, mayor el riesgo de fitotoxicidad. La cantidad máxima de fertilizante, cuya fórmula es una sal, que se puede aplicar en kilogramos por hectárea en cada riego, se puede estimar de manera aproximada, según

la siguiente fórmula:

$$CMFA = Q \times (Cm - Car)$$

Donde: Q = cantidad de agua por riego (m³)
 Cm = cantidad máxima de sales tolerable por el cultivo
 (1,5 g/L en el limonero)
 Car = salinidad del agua de riego (g/L)

No obstante, debido al diferente valor de salinidad según el producto fertilizante, siempre es recomendable medir la concentración de sales (conductividad eléctrica) que efectivamente tiene el agua a la salida de los emisores, considerando que 1 dS/m de conductividad eléctrica equivale a 0,64 g/L de sales disueltas. En la actualidad existen equipos portátiles de fácil empleo. Estos procedimientos no consideran, eso sí, la posible fitotoxicidad específica que determinado ión pueda tener sobre el cultivo.

Se debe evitar que los productos inyectados reaccionen con compuestos disueltos en el agua de riego y formen depósitos o precipitados que obturen los emisores. Los productos que se inyectan deben ser totalmente solubles y mantenerse como tales, sin reaccionar con sales u otros químicos del agua. La mayoría de los fertilizantes nitrogenados y potásicos son solubles y no causan problemas de obturación. En el caso del fósforo, la opción más segura es el ácido fosfórico pues, además de aportar fósforo, acidifica la solución, previniendo la precipitación.

Es muy importante impedir que el fertilizante inyectado pueda retroceder hacia la fuente de agua. El sistema de inyección debe tener un filtro y una válvula de seguridad.

Las dosis y tiempos de la inyección deben ser calibrados para cada área a fertirrigar. El tiempo de inyección debe ser, a lo menos, tan prolongado como el tiempo de traslado desde el punto de inyección hasta el emisor más lejano, más un tiempo de riego con agua sola, suficiente como para evitar que quede fertilizante en las cañerías. Este tiempo adicional, tampoco debe ser muy prolongado, para evitar pérdida del fertilizante por lavado fuera del bulbo húmedo de suelo.

Hidroponía abierta

Es una incipiente modalidad de fertirriego, aún en etapa experimental, que, básicamente consiste en suministrar muy localizadamente el agua y los nutrientes disueltos en ella. Para ello, es necesario promover un fuerte desarrollo de raíces absorbentes, concentradas en un reducido volumen. Esto se puede facilitar confeccionando hoyos, de aproximadamente, 30 x 30 x 30 cm, los cuales se rellenan con un sustrato orgánico. En plantas adultas se instalan dos goteros, uno a cada lado a 60 – 80 cm del tronco. Si, en cambio, el sistema se instala en el momento de la plantación, se coloca primero un gotero frente a la planta, y al segundo o tercer año se cambia a dos, más alejados del tronco. El gotero debe ser de baja emisión (3 ó 4 L/h), autocompensante y antidrenante, a través del cual se suministra el agua y los nutrientes. Al poco tiempo, las raíces comienzan a invadir el bulbo húmedo, concentrándose intensamente allí al cabo de dos o tres meses, momento en el cual se discontinúa gradualmente el sistema de riego existente y se comienza a suministrar los nutrientes disueltos en el agua, a través de los goteros (Figura 141). El agua y los fertilizantes se dosifican según los requerimientos diarios de las plantas, haciendo al sistema sumamente eficiente (aproximadamente un 90%). La solución madre se inyecta al agua de riego, mediante dosificadores automáticos, a una tasa que asegure una óptima concentración de los nutrientes (Figura 142).

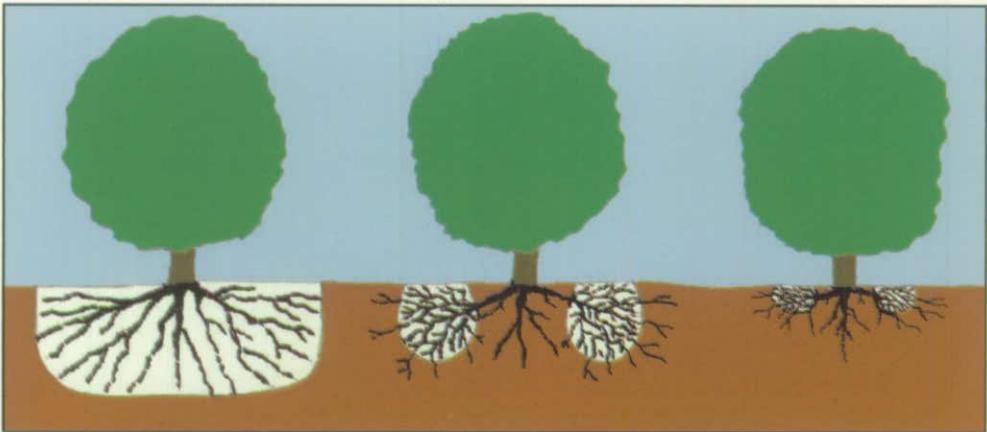


Figura 141. Concentración de raicillas que invaden el bulbo humedecido por el gotero en hidroponía abierta.

Figura 142. Equipo dosificador de los nutrientes en hidroponía abierta.



Las principales aprensiones con respecto al uso masivo de la hidroponía abierta dicen relación con su vulnerabilidad y su permanencia. La primera deriva del hecho de que no se puede interrumpir el sistema y debe funcionar a la perfección. Como el suministro de agua y de nutrientes depende del sistema, más que de las reservas del suelo, no pueden existir interrupciones, a nivel de huerto, en general, o de árbol en particular. En tanto, la interrogante sobre su permanencia apunta al reducido desarrollo de raíces que se promueve. ¿Serán estas raíces suficientes para soportar el árbol, acumular reservas y, en general, mantener el equilibrio que debe existir entre la raíz y la parte aérea del árbol?. De momento, parece un sistema aplicable a plantaciones precoces y de duración moderada, especialmente en suelos marginales, donde se desee aventurar con este peculiar sistema.



Elaborado por el autor

Figura 143. Diagrama de la distribución de las raíces según tres sistemas de riego: convencional, goteo e hidroponía abierta.

En la Figura 143 se puede observar el patrón virtual de distribución de raíces en riego convencional, riego por goteo e hidroponía abierta.

Micorrizas

Las micorrizas son hongos microscópicos del suelo, que establecen asociación simbiótica con las raíces de las plantas. En el caso de los cítricos, las micorrizas que prevalecen corresponden a aquéllas del género *Glomus*. Se ha comprobado que su presencia aumenta la absorción de nutrientes, especialmente fósforo y zinc, por las raíces. Su inoculación aparece especialmente indicada para plantas establecidas en un suelo con baja disponibilidad de fósforo y/o de zinc, aunque también se pueden inocular ya en la bolsa en el vivero.

El empleo de micorrizas también es de interés en el manejo orgánico de un huerto, pues ayuda en la nutrición de las plantas, disminuyendo la necesidad de fertilizantes. Además, se ha observado que las micorrizas pueden mitigar el daño de los nematodos, especialmente en suelos pobres en fósforo.

Capítulo 15

MANEJO DEL SUELO Y CONTROL DE MALEZAS

El suelo del huerto se debe manejar para mantener, e incluso mejorar, sus características físicas y químicas, permitir un óptimo desarrollo de las raíces del árbol y controlar las malezas. El control de las malezas es importante, pues compiten por agua, nutrientes (especialmente nitrógeno) y luz (en árboles jóvenes). Adicionalmente, algunas malezas exudan toxinas por sus raíces, las cuales pueden afectar seriamente a los árboles. Este fenómeno, denominado “alelopatía”, es frecuente con malezas como maicillo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), chépica (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), chufa (*Cyperus esculentus* L.), hierba del té (*Bidens aurea* (Aitt.) Sherff) y correhuela (*Convolvulus arvensis* L.). Los problemas de competencia y “alelopatía” son más acentuados en árboles jóvenes. Los árboles adultos se “defienden” mejor e, incluso, pueden tolerar una población prudente de malezas, sin afectarse significativamente. Además, en la medida que los árboles se desarrollan, y forman una copa grande y densa, el crecimiento de malezas bajo ellos va disminuyendo, pudiendo llegar a ser nulo por falta de luz. Esto es especialmente cierto en huertos plantados en rectángulo y formados en seto.

No existe un sistema único de manejo del suelo que se pueda generalizar a todos los huertos, pues su elección depende del clima, topografía, naturaleza del suelo, sistema de riego, el tipo de malezas presente y la edad de los árboles.

Un manejo del suelo comúnmente empleado en huertos adultos de limonero en Chile, consiste en la mantención de una banda (de dos a tres metros de ancho) sobre las hileras, tratada con herbicidas, y manejo de las entrehileras con un laboreo mecánico superficial (pues el limonero posee raíces poco profundas) (Figura 144). Es frecuente aprovechar esta labor para incorporar los restos de la poda. Una variante a este sistema consiste en

mantener la entrehilera con una empastada (Figura 145) Ésta puede consistir en una mezcla de trébol blanco y pasto ovillo, ballica o festuca. Incluso, si las malezas presentes en el huerto no son agresivas o “alelopáticas”, la cubierta puede estar conformada por éstas. En ambos casos, la cubierta vegetal se siega periódicamente con una máquina de corte horizontal. El material obtenido con esta siega se puede depositar en la banda sobre la hilera, con el objetivo de formar un “mulch”, el cual reemplazaría al uso de herbicidas. Este “mulch”, que no debe quedar en contacto con los troncos, para evitar el exceso de humedad en esa zona del árbol, susceptible a enfermedades fungosas, permite el desarrollo de raíces hasta la superficie misma del suelo, lugar donde hay mayor aireación y fertilidad. La cubierta herbácea protege al suelo de la erosión y facilita el tránsito de maquinaria dentro del huerto con el suelo húmedo. Sin embargo, no contribuye a prevenir heladas; por el contrario, suele intensificarlas a nivel del huerto. En algunos huertos se aprovechan los restos picados de la poda para confeccionar un “mulch”. (Figura 146).

Figura 144. Hábito de crecimiento de raíces del limonero.



Figura 145. Huerto de limoneros, manejado con herbicida sobre las hileras y empastada entre hileras. Chiñihue, Región Metropolitana.

En huertos ubicados en zonas propensas a heladas, una opción es mantener toda la superficie del suelo libre de malezas, mediante el empleo de herbicidas (Figura 147). Esta alternativa, obviamente, también es válida en huertos donde no hiela. Su empleo, año tras año, va agotando la presencia de malezas, especialmente cuando el agua de riego está libre de semillas. Ello, al mismo tiempo, va disminuyendo la necesidad de su uso, pudiendo prescindirse de él después de algunos años. El tiempo que se necesite para llegar a esto va a depender de la cantidad de malezas que se vaya presentando. Lo que ocurre a menudo es que, a medida que desaparecen algunas especies de malezas, se van fortaleciendo otras, resistentes al herbicida, que al liberarse de la competencia de las primeras, aumentan su desarrollo y proliferación.

En el caso de huertos regados por el sistema de goteo, la presencia de malezas disminuye significativamente. En este caso, el control de malezas se orienta, preferentemente, a la zona de suelo humedecida por los goteros.



Figura 146. "Mulch" confeccionado con los restos de la poda.

Figura 147. Cero labranza, donde toda la superficie del suelo se mantiene libre de malezas, mediante la aplicación de herbicidas.



Hasta el momento nos hemos referido al manejo del suelo en huertos adultos. En el caso de huertos jóvenes (primer y segundo año), el control de malezas se realiza, principalmente, circunscrito al pequeño espacio ocupado por los árboles. Allí las malezas se arrancan, preferentemente a mano, pues el laboreo mecánico puede dañar los troncos o las raíces y, la mayoría de los herbicidas puede causar fitotoxicidad. Sin embargo, hay algunos compatibles.

Herbicidas

Los herbicidas son compuestos químicos que controlan efectivamente las malezas. Lamentablemente, no existe un producto de uso universal, que controle todo tipo de malezas y que se pueda utilizar en todo tipo de huertos. Los tratamientos herbicidas (y el producto a utilizar) dependen de las especies de malezas presentes, la edad de los árboles, la época del año y las características del suelo. Por lo tanto, son específicos para cada huerto en particular. La principal preocupación al implementar control químico de malezas radica en el riesgo de causar fitotoxicidad en los árboles o frutos (figuras 148, 149 y 150). También debe preocupar la posible contaminación de suelos o aguas con algunos de estos productos.

En los cítricos, comúnmente se utilizan los siguientes productos:

- Herbicidas residuales de preemergencia (simazina, diuron, etc.), que controlan un gran número de malezas anuales de hoja ancha y de hoja angosta. Actúan al momento de la germinación de las semillas de malezas y se aplican sobre el suelo limpio, justo antes del inicio de la temporada de lluvias. Su acción, generalmente se mantiene durante toda la temporada si no se “mueve” el suelo. No actúan sobre rizomas ni sobre malezas en postemergencia. La dosis depende de la textura del suelo.

- Herbicidas de contacto, no selectivos (por ejemplo, paraquat). Controlan en postemergencia, malezas de hoja ancha y gramíneas. Sin embargo, no matan las raíces en las malezas perennes, por lo cual éstas vuelven a emerger. Este producto se puede aplicar mezclado con los de efecto residual, antes nombrados, cuando las malezas ya han emergido en el invierno.

- Herbicidas sistémicos no selectivos (por ejemplo, glifosato y aminotriazol). Estos productos actúan sobre una gran gama de malezas, anuales y perennes, incluyendo algunas de naturaleza arbustiva. Se aplican sobre



Figura 148. Hojas con sectores necrosados por efecto de una aplicación poco cuidadosa de Paraquat. Afortunadamente el daño es localizado, pues se trata de un herbicida de contacto (no sistémico).



Figura 149. Brotes de un árbol de limonero severamente afectado por una aplicación descuidada de glifosato + MCPA.



Figura 150. Una aplicación poco cuidadosa de Paraquat (y de otros herbicidas) puede causar daño a la piel del fruto.

malezas en crecimiento activo y la dosis depende del tipo de maleza presente. Como son sistémicos, su efecto alcanza a la raíz de la maleza, matándola.

A los productos señalados se puede agregar otros, algunos con efecto selectivo para determinadas malezas.

Es importante recordar que el empleo de los herbicidas debe atenderse estrictamente a las indicaciones del fabricante y del ingeniero agrónomo asesor, especialmente en lo que se refiere a dosis, edad del árbol y todas las precauciones para evitar daño en los árboles.

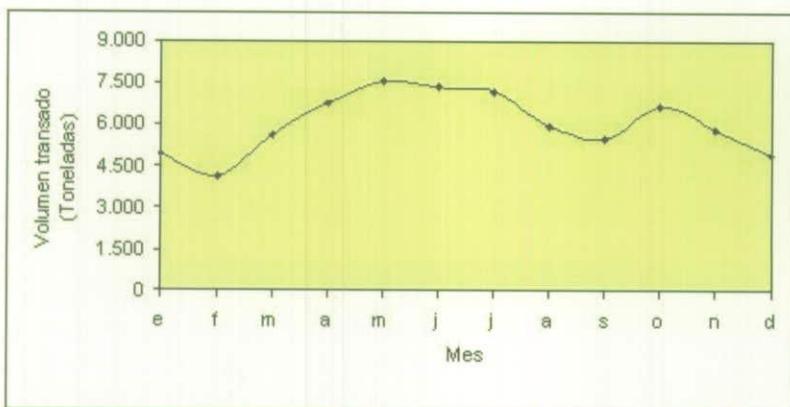
Especial atención se debe prestar a posibles restricciones para el uso de algún producto, por los niveles de tolerancia o por no tener registro de aceptación en el país destinatario de la fruta.

PRODUCCIÓN DE LIMONES EN VERANO

El limonero, aunque florece prácticamente durante todo el año, presenta dos períodos de intensa floración: la primavera y el otoño. La floración de primavera es la más fuerte e importante y da origen a la fruta que se cosecha durante el invierno. La floración de otoño es menos intensa, pero muy significativa, pues es la responsable de la fruta que madura en verano, aquella que logra el mejor precio en el mercado interno. En el limón de invierno, el período que transcurre desde el cuaje hasta la madurez del fruto es aproximadamente 8 meses, mientras que en el limón que madura en verano este lapso es de alrededor de 10 meses, en la Zona Central de Chile (véase Capítulo 2). En la Figura 20 se puede observar el típico limón de verano, menos alargado, de cáscara más lisa y pezón más chico que el de invierno.

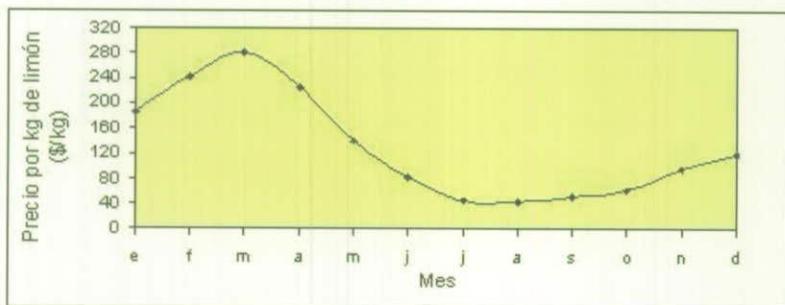
La producción de limón de verano es bastante menor que la de invierno (20 - 30% contra 70 - 80%). En la Figura 151 se puede observar los volúmenes promedios mensuales transados en el mercado mayorista de Santiago. La mayor oferta ocurre en los meses de invierno y la menor en los de verano. La pequeña baja a salida de invierno, probablemente obedece al término del período de exportación y, con ello, a una disminución en el limón de descarte, que va al mercado interno. Cabe señalar que en la figura no aparece el enorme volumen de limón que se destina al mercado externo, y que acentúa la diferencia con el verano. Sin embargo, la fuerte demanda por esta fruta en Chile es pareja durante todo el año, situación que se traduce en precios bajos en invierno y elevados en verano. En años de menor producción estival (generalmente debido a heladas en invierno), la diferencia de precio entre ambos tipos de fruta se intensifica. En la Figura 152 se presenta una curva promedio mensual de precios en el mercado mayorista de Santiago. Se puede observar que, pasado el invierno, el precio comienza a subir lentamente, para hacerlo con mayor intensidad a fines de primavera.

El precio logra un máximo a fines del verano y se mantiene alto hasta mayo, momento en que comienza a bajar, para llegar nuevamente al mínimo en los meses de invierno.



Fuente: ODEPA

Figura 151. Volúmenes mensuales de limón transados en el mercado mayorista de Santiago. Promedio de los años 1994 a 2003.



Fuente: ODEPA

Figura 152. Precios, promedios mensuales, del limón transado en el mercado mayorista de Santiago. Promedio de los años 1994 a 2003, en moneda de éste.

Por estos motivos comerciales, si bien la fracción de mejor calidad del limón de invierno logra buenos precios a través de la exportación, también resulta interesante producir limón en verano.

Existen algunas condiciones naturales que favorecen la producción de verano. Por ejemplo, el clima de invierno benigno, que predomina en determinadas localidades. Este clima, por un lado, determina una mayor formación de flores en otoño y, por otro, al no existir heladas, permite que el fruto que cuajó en otoño resista el invierno y logre madurar normalmente en el verano. El fruto que cuaja en otoño está iniciando su desarrollo en el período

invernal y, por lo tanto, queda muy expuesto a las heladas que ocurren en esa época. (Véase Capítulo 3).

La variedad es otro factor que influye. Hay variedades como Eureka y Génova, que son más reflorecentes que Lisboa y Fino 49 y, por lo tanto, tienden a producir más limón de verano, aunque de todos modos, su mayor producción sea en invierno.

A las condiciones naturales mencionadas, se puede añadir determinadas prácticas de manejo, que pueden aumentar la formación de flores en otoño, y con ello, la producción de limón de verano. Debe recordarse que en los cítricos, las yemas florales comienzan a diferenciarse, aproximadamente dos meses antes de transformarse en flores. Por lo tanto, cualquier práctica para incrementar la floración de otoño deberá realizarse unos tres meses antes que ésta ocurra. Entre estas prácticas, la más importante y fácil de realizar bajo las condiciones climáticas de la zona limonera chilena, exenta de precipitaciones estivales, consiste en la suspensión temporal del riego a comienzos del verano (mes de enero). Se trata de producir un déficit hídrico, hasta el punto en que las hojas comienzan a mostrar signos de marchitez, para luego reanudar los riegos en forma normal. El período de suspensión del riego es muy variable, dependiendo de la capacidad de retención de agua que presente el suelo y del volumen de agua que se suministre según el sistema de riego. Así, en un suelo arenoso y regado por goteo, puede bastar con 1 semana o incluso menos, mientras que en uno arcilloso, regado por surcos, puede requerirse 8 semanas. Si el tratamiento surte el efecto esperado, habrá una fuerte floración otoñal (Figura 153), responsable de la producción de frutos que se cosecharán en el verano siguiente (Figura 154).

Esta práctica de estrés hídrico suele mejorar su efecto, si en el momento en que se reanudan los riegos se realiza una aplicación suplementaria de nitrógeno, lo que puede ser a través de una aspersion foliar con urea de bajo contenido de biureto, al 0,65% en agua (650 g de urea/100 L agua).

En árboles muy cargados de frutos cuajados en primavera, la remoción parcial de éstos, a comienzos del verano, también puede provocar un significativo aumento de la floración de otoño y, al mismo tiempo, un mayor crecimiento del fruto que permanece y que madurará en invierno. Sin embargo, esta práctica manual es lenta y cara aunque se dirija al raleo de frutos

Figura 153. Floración de otoño, producto del estrés hídrico que causó la suspensión del riego tres meses antes.

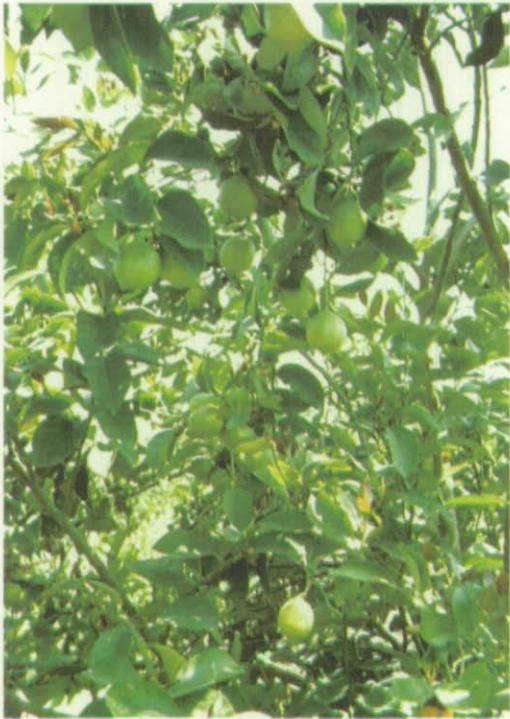


Figura 154. Producción de limones de verano en un huerto manejado para tal fin.

ubicados en la periferia del árbol (que son los más expuestos a deterioro). Una alternativa consiste en la aspersion del árbol con 3, 5, 6 TPA (véase Capítulo 2).

En la Figura 155 se puede apreciar el efecto, que sobre la floración de otoño, tuvieron el estrés hídrico y la eliminación de frutos, en un ensayo realizado en limoneros en la localidad de Malloco, Región Metropolitana. La suspensión del riego (por surcos) a partir del 3 de enero y durante un período suficiente para causar inicio de marchitez en el follaje, determinó

un fuerte aumento en la floración. Un resultado algo menor tuvo la eliminación manual de flores y frutos en cualquier estado de desarrollo, realizada con fecha 14 de enero.

Cualquiera sea el procedimiento a utilizar para aumentar la producción de limón en verano, el resultado es más seguro en localidades de invierno suave, con variedades reflorecientes. A veces se puede necesitar una debida prevención de enfermedades en flores y frutos (*Botrytis*), en otoño o invierno, teniendo la precaución de considerar las restricciones y períodos de carencia del fungicida para el limón que se cosecha en esa época (véase Capítulo 19).

De más está señalar que la práctica de suspensión del riego para promover la producción estival no se puede aplicar en árboles débiles, envejecidos o con problemas de raíces. El estrés adicional que significa el déficit hídrico, deterioraría aún más el estado de estos árboles.

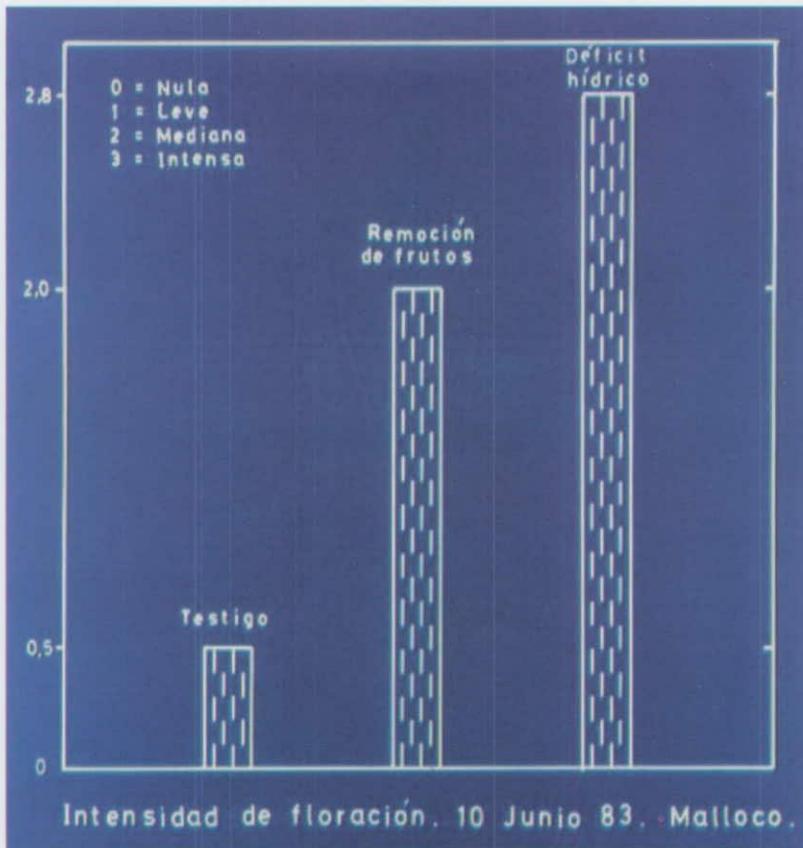


Figura 155. Intensidad de la floración de otoño en respuesta a tratamientos de raleo de frutos y estrés hídrico.

PLAGAS

Debido al aislamiento geográfico de Chile, y al clima relativamente frío durante el invierno y seco en verano, que reina en la zona donde se cultiva el limonero en el país, esta especie tiene pocas plagas si se compara con algunas regiones del mundo. En efecto, las únicas plagas que suelen afectar significativamente al limonero en Chile son: la conchuela negra del olivo, los chanchitos blancos, la mosquita blanca, la arañita roja de los cítricos y el ácaro de la yema. Ocasionalmente, se encuentran huertos atacados por burrito, escamas u otras plagas secundarias.

Conchuela negra del olivo (Saissetia oleae Oliver)

Los árboles atacados por esta plaga presentan menor vigor y un color negruzco, debido a la fumagina causada por hongos saprófitos que se desarrollan en la mielecilla que excretan las conchuelas (Figura 156). La fumagina suele cubrir gran parte del follaje, ramillas y frutos, y aunque no ataca directamente al follaje, hace disminuir su capacidad fotosintética y obliga a un exhaustivo lavado de los frutos antes del empaque.



Figura 156. Rama de limonero atacada por conchuela negra del olivo.

La conchuela negra del olivo tiene varios enemigos naturales, pero su acción se ve disminuida por la protección que ofrecen las hormigas a esta plaga. Las hormigas son fuertemente atraídas por el líquido azucarado que emite la conchuela y su presencia en el árbol acusa la existencia de ésta, aunque se encuentre aún en pequeña cantidad.

En ocasiones, el control de esta plaga se puede lograr eliminando las hormigas, con aplicaciones más concentradas de insecticida exclusivamente dirigidas al tronco (por ejemplo, clorpirifos). Si se precisa control químico directo de la plaga, se puede utilizar aceite mineral de verano, el que se asperja al follaje cuando el insecto se encuentra en estado de ninfas móviles (de color café claro y textura blanda, que permite reventarlas fácilmente al presionarlas). (Figura 158).

Figura 157. Conchuela negra del olivo, en estado adulto.



Figura 158. Ninfas móviles de conchuela negra del olivo en brote de limonero.

Comúnmente, las aplicaciones se hacen durante el verano en la Zona Central. Sin embargo, otra opción es adelantar la aplicación a mediados de octubre-mediados de noviembre, coincidiendo con el comienzo del desarrollo de las conchuelas, antes que su caparazón se endurezca y adquiera una coloración oscura. El tratamiento en esta época también ayuda en el control de chanchitos blancos, antes que éstos se movilicen a los frutos, y en el control de arañita roja y ácaro de la yema. Asimismo, aumenta las posibilidades de disipación de residuos en la fruta que se cosecha en invierno.

En el caso de infestación seria, conviene reforzar el aceite mineral con la adición de un insecticida fosforado, por ejemplo, clorpirifos. Sin embargo, en este caso, la aplicación debe contemplar el período de carencia y también la posibilidad de residuo en la fruta.

El árbol se debe mojar exhaustivamente, para lo cual se utiliza aspersión a pitón en alto volumen (5.000 a 6.000 L/ha en huertos adultos). La apertura del follaje, a través de poda, facilita el control de esta plaga en árboles vigorosos. Una vez controlada la plaga, la fumagina desaparece progresivamente.

El manejo que se ha planteado para esta plaga es el mismo que se recomienda para la conchuela blanda de los cítricos (*Coccus hesperidum* L.). Ésta, aunque menos frecuente, ataca a los cítricos causando daños y síntomas similares a la anterior. Se identifica por su tamaño similar al de *Saissetia* pero, en vez de ser redonda y negra, es de forma ovalada, de color café claro y de consistencia más blanda al estado adulto. Además de su eventual presencia a nivel de huerto, esta conchuela suele atacar a las plantas de vivero en invernadero.

El tratamiento descrito también es efectivo para el control de escamas, siendo la escama roja de los cítricos (*Aonidiella aurantii* Maskell) y la escama coma (*Lepidosaphes beckii* Newm.) las más importantes (figuras 159 y 160).

Chanchitos blancos

En cítricos se presentan las especies *Planococcus citri* Risso, *Pseudococcus calceolariae* Maskell y *Pseudococcus affinis* Maskell. Esta plaga exuda abundante mielecilla, que atrae a las hormigas y produce fumagina. En caso de atacar a los frutos causa cambios de coloración sobre ellos. (Figura 161).



Figura 159. Escama roja de los cítricos.



Figura 160. Escama coma en limón.

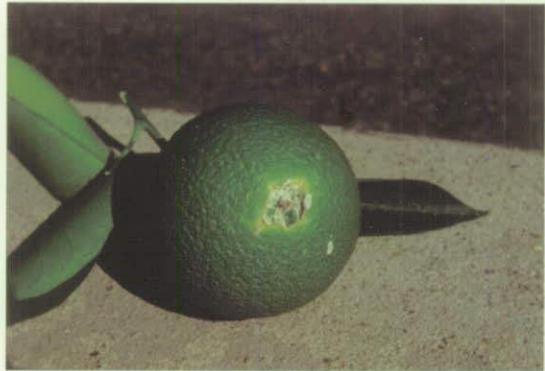


Figura 161. Chanchitos blancos en naranja.

Los chanchitos blancos tienen diversos depredadores y parasitoides que los controlan o aminoran su presencia. Sin embargo, por el entorpecimiento que causan las hormigas a la acción de estos enemigos naturales, es frecuente que la población de chanchitos amerite control químico, el cual se puede basar en el uso de aceite mineral de verano mezclado con clorpirifos. Sin embargo, este tratamiento debe respetar el período de carencia y evitar la presencia de residuos en la fruta a la cosecha.

Importante es el control de hormigas mediante el procedimiento descrito para la conchuela negra.

Mosquita blanca de los cítricos (Aleurothrixus floccosus Maskell)

Esta plaga se localiza en el envés de las hojas, donde deposita sus huevos. Las ninfas que eclosionan se fijan en ese lugar, y durante su desarrollo secretan filamentos de color blanco, en forma de lanosidad, y excretan abundante mielecilla. Esto causa presencia de fumagina y también atrae a las hormigas. (Figura 162).



Figura 162. Mosquita blanca, con presencia de fumagina en el fruto.

Esta plaga es controlada por dos avispitas parásitas, cuya acción se detecta con la presencia de manchas negras en la colonia de mosquitas.

El control químico de esta plaga no es fácil. El lavado de los árboles con agua sola o, mejor aún, con detergente, ayuda en el control. Igual cosa ocurre con la aspersión de aceite mineral de verano, al 1 - 1,5% en agua. El ideal es mojar de abajo hacia arriba, para lo cual se debe modificar el ángulo del pitón.

La mosquita blanca se ha consolidado como una plaga frecuente de los cítricos en Chile.

Arañita roja de los cítricos (Panonychus citri Mc. Gregor)

Esta plaga suele afectar a los cítricos después del empleo de insecticidas no selectivos. La presencia de polvo en el follaje también favorece su desarrollo. Tanto el adulto como los huevos son de color rojo.

La arañita roja se ubica sobre la cara superior de las hojas, cerca de las nervaduras (Figura 163). Al principio se observa una decoloración de la lámina o pequeñas punteaduras plateadas. Si el ataque es intenso, posteriormente se desarrolla un color bronceado y deshidratación de las hojas, e incluso se puede afectar el fruto (Figura 164).



Figura 163. Arañita roja de los cítricos.



Figura 164. Hojas y fruto de limonero con daño de arañita roja de los cítricos.

Esta plaga tiene enemigos naturales, correspondientes a ácaros fitoseidos y especies de insectos.

El tratamiento químico se puede realizar a base de lavados con agua y detergente (por ejemplo, SU 143, 40 g/100 L) o con aceite mineral de verano, ante la aparición de los primeros ejemplares.

En el caso de ataque intenso se puede recurrir a un acaricida selectivo (que no afecte a los ácaros fitoseidos).

Ácaro de la yema de los cítricos (Eriophyes sheldoni Ewing)

Es un ácaro de tamaño muy pequeño, de color blanquecino y forma de cuña, que afecta principalmente al limonero. Vive debajo de las brácteas de las yemas alimentándose de los primordios foliares y florales. En las flores continúa rayendo el ovario. Si el ataque es severo, las yemas se atrofian y no llegan a brotar o florecer. Se producen brotaciones sucesivas que se atrofian, originándose rosetas de hojas y ramillas, con entrenudos muy cortos que, en casos extremos, alteran la conformación del árbol (Figura 165).



Figura 165. Brote de limonero, deformado por ataque de ácaro de la yema.

Las yemas que brotan dan origen a hojas y flores deformes (Figura 166). Las flores o frutitos muy afectados caen prematuramente, ocasionando una menor producción. Los limones dañados, pero que continúan su desarrollo, pueden tener una apariencia rugosa y/o deformarse, adquiriendo formas dispares, siendo la “digitada” aquella más espectacular (Figura 167).

Figura 166. Frutos recién cuajados y hojas de limonero, deformados por ataque previo de ácaro de la yema.



Figura 167. Frutos de limón que acusan la deformación debida al ataque de ácaro en las yemas.



Los daños que produce este ácaro son visibles sólo varias semanas después del ataque. En consecuencia, los tratamientos deben responder a la evaluación de los niveles poblacionales. Para ello, es necesario muestrear ramillas y descubrir yemas bajo un binocular. Es importante que la presencia del ácaro sea detectada antes de la brotación y floración, ya que el daño ocurre durante ella y una vez causado no puede ser corregido.

El tratamiento con aceite mineral de verano es efectivo cuando hay poblaciones bajas. En casos severos (más de 5% de los frutos afectados), puede ser necesario recurrir a determinados acaricidas específicos a inicios de la primavera siguiente. Las aplicaciones se realizan coincidiendo con la migración de las hembras invernantes y la eclosión de los huevos que éstas colocan, generalmente, cuando ya hay indicios de botones florales, a comienzos de primavera. Las aspersiones contra esta plaga se deben realizar en alto volumen, para asegurar un completo mojamiento en el árbol.

Una fuente de dispersión de esta plaga se encuentra en las plantas de vivero. Es muy importante que las yemas a utilizar en la injertación provengan de plantas absolutamente libres del ácaro.

El ácaro de la yema se ha constituido como la principal plaga del limonero en Chile.

Burrito (Naupactus xantographus Germar)

Cuando este coleóptero está presente en el huerto suele causar serios daños, pues la larva ataca a las raíces y el adulto se alimenta de las hojas (Figura 168). Como es un insecto que no vuela, su control se basa, principalmente, en evitar que suba al árbol. Para ello, es necesario impedir que las ramas toquen el suelo, lo cual se complementa colocando alrededor del tronco (y del tutor) una banda de polietileno tipo empol, la cual se pinta con una pasta graso oleosa que contiene Azinfos metil (INIA 82.4GS). Esta banda también evita el ascenso de hormigas.



Figura 168. Hojas de limonero atacadas por burrito.

En huertos jóvenes (primer y segundo año), resulta efectiva la captura a mano, realizada reiteradamente mientras aparezcan ejemplares en las plantas.

Restricciones al uso de pesticidas

Antes de concluir este capítulo es necesario destacar la importancia que tiene el conocer, actualizadamente, los períodos de carencia y, más aún, los registros y las restricciones que, en los países de destino de la fruta, tienen los productos pesticidas. Sólo se puede emplear aquellos que no tengan res-

tricciones y en el momento oportuno, como para evitar residuos en la fruta. En el caso de árboles caseros es preferible el empleo de productos como el aceite mineral o el detergente.

Producción integrada y producción orgánica

Es conveniente que el manejo de plagas se rija por el concepto de producción integrada, que contempla una monitorización minuciosa y permanente en el huerto, maximizar la acción de los enemigos naturales, utilizar prácticas de manejo del huerto que favorezcan el control de plagas, enfermedades y malezas, utilizar los pesticidas selectiva y racionalmente y determinar los umbrales de “daño económico”, no realizando aplicaciones preventivas.

También se puede optar por la producción orgánica, que no permite el empleo de productos químicos sintéticos. En este caso, si es necesario el uso de insecticida, éste deberá ser alternativo, de tipo natural. Similar calidad deben tener todos los productos que se emplean en este tipo de producción, llámense acaricidas, fungicidas, nematocidas, herbicidas, fertilizantes, etc. El manejo de la sanidad en un huerto orgánico, e incluso en el caso de la producción integrada, también deberá contemplar prácticas de manejo del suelo y de los árboles, que obstaculicen la proliferación de la plaga o enfermedad y que, al mismo tiempo, ayuden al desarrollo y acción de organismos benéficos para el control biológico.

Para que un huerto sea acreditado en la categoría de orgánico debe asegurar el no empleo de productos químicos, después de un período de transición de tres años, el que puede ser menor cuando se comprueba que no hubo uso de este tipo de productos con anterioridad.

En la práctica, tal vez el principal obstáculo que ha tenido el manejo orgánico, es la dificultad para controlar las malezas, especialmente en plantaciones muy extensas o en laderas de cerros, y la dificultad para encontrar fuentes de materia orgánica. Además, es un sistema que, generalmente, disminuye algo la producción del huerto. Para su implementación es preferible la existencia de grupos de agricultores vecinos, que estén en la misma sintonía.

Capítulo 18

NEMATODOS

Estos nematelmintos microscópicos del suelo afectan a diversos huertos de limonero en Chile. Esto, probablemente se deba a la susceptibilidad que a ellos tienen los patrones utilizados y, a la textura arenosa o franco arenosa existente en el suelo de algunos huertos. En suelos con estas características, los nematodos proliferan y se diseminan con mayor facilidad que en los arcillosos.

Los cítricos, y particularmente el limonero con sus patrones, son bastante susceptibles a una especie de nematodo: el nematodo de los cítricos (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb.), sin desmedro de que los puedan atacar otras, principalmente del género *Pratylenchus* y el nematodo barrenador (*Radopholus similis* Huettel, Dickson y Kaplan).

Nematodo de los cítricos

Este es el nematodo que causa mayores daños reconocidos en los cítricos. La población de este nematodo en el huerto crece lentamente, cuando se plantan árboles infectados en suelos vírgenes. Los síntomas, a menudo, se hacen evidentes sólo ocho a diez años después de la plantación. Además, el nematodo se mueve muy lentamente en el suelo de un árbol a otro, siempre que el suelo no sea movido por rastrajes para eliminar malezas u otros fines. Este bajo crecimiento de la población, y lento desarrollo de síntomas en los árboles, han llevado a denominar la enfermedad, causada por este nematodo, como “declinación lenta de los cítricos”.

Distinta es la situación cuando se replanta un huerto viejo de cítricos, que se arrancó por estar severamente afectado por este nematodo. En este caso, es muy probable que las plantas nuevas sean fuertemente atacadas, mostrando síntomas severos.

Los síntomas de la declinación lenta son similares a los que causan otros agentes bióticos o abióticos, que entorpecen la función de las raíces. La invasión de las raíces por poblaciones elevadas de este nematodo, produce un desgaste lento del árbol, que va reduciendo su vigor, desarrollo y producción. En los árboles severamente atacados, las hojas amarillean, el follaje pierde densidad, hay muerte de ramillas y los frutos crecen menos (Figura 169). Se estima que la producción disminuye entre 10 y 50%, dependiendo del nivel de infección. Los árboles vigorosos se defienden bastante de este nematodo, pues sus abundantes raíces pueden tolerar poblaciones altas del microorganismo. Las raíces de los árboles atacados presentan suelo firmemente adherido a las masas gelatinosas de huevos del nematodo, que están pegadas a las raíces absorbentes. El nematodo penetra parcialmente estas raíces, alimentándose de ellas, pudiendo causar su muerte. En cambio, las raíces de árboles sanos aparecen limpias y de un color amarillento.



Figura 169. Limonero afectado por fuerte ataque de nematodo de los cítricos en sus raíces.

Una buena fertilización nitrogenada disminuye el desarrollo de esta enfermedad. Por otro lado, los patrones *Poncirus trifoliata* y *Citrumelo swingle* son considerados como resistentes a este nematodo, por lo que son recomendables para replantación, siempre que se injerten con una variedad compatible (véase Capítulo 10).

El muestreo periódico del suelo es la mejor manera de detectar a *T. semipenetrans*, antes que su población alcance niveles elevados. La muestra se debe extraer a 30 - 40 cm de profundidad, tomando varias submuestras del sector a analizar. Estas submuestras se mezclan uniformemente, apartando 0,5 kg para su envío al laboratorio. Es importante que la muestra incluya raíces y raicillas del cítrico. El suelo a muestrear no debe estar demasiado seco ni con exceso de humedad.

El valor umbral, que generalmente se considera para recomendar el uso de un nematicida, es de más de 300 hembras por 10 g de raíces secundarias y una densidad superior a 4.000 ejemplares (J2) por 250 g de suelo. Los productos, que comúnmente se emplean son de origen químico, aunque también existe un producto orgánico a base de extracto industrial de quillay, cuyo empleo parece promisorio.

Los nematicidas se aplican al suelo, preferentemente en primavera, y localizados en la zona de mayor concentración de raíces. La respuesta de los árboles en su follaje, generalmente se comienza a observar un año después. Si la población de nematodos vuelve a aumentar será necesario repetir la aplicación, lo cual puede ocurrir dos o tres años después de la anterior. Sin embargo, el uso de un nematicida está condicionado a la existencia de registro y a su período de carencia.

La aplicación de guano, en invierno, también ayuda en el control del nematodo, al causar una disminución sustancial de las larvas.

Una de las fuentes principales de dispersión de este nematodo se encuentra en las plantas de vivero, cuando sus raíces se han desarrollado en un suelo contaminado con él. Por este motivo, es importante que en el vivero se utilice suelo desinfectado. También es recomendable el análisis de nematodos en el suelo del predio, previo a la plantación del huerto. Si la población de nematodos lo amerita, será necesaria la fumigación o algún tratamiento alternativo del suelo, con la debida anticipación o, simplemente, prescindir de la plantación de un cítrico, salvo que se pueda utilizar plantas injertadas sobre un patrón resistente.

ENFERMEDADES DE PRECOSECHA

Si en el capítulo correspondiente a plagas se mencionó una escasa incidencia de ellas, como consecuencia del aislamiento geográfico y el clima existente en Chile, ello resulta más cierto aún en el caso de las enfermedades. De hecho, las enfermedades que, en el campo, afectan frecuentemente al limonero en Chile no son más de cuatro: la gomosis de la corteza, la pudrición parda del fruto, la pudrición gris (las tres de origen fungoso) y la xiloporosis (un viroide). Esto contrasta con la larga lista de enfermedades (especialmente fungosas y bacterianas) que el limonero tiene en diversas regiones del mundo.

Gomosis

Causada por los hongos *Phytophthora citrophthora* (R.E. Sm. Y E.H. Sm.) Leonian y *Phytophthora parasitica* Dast, es la enfermedad más importante del limonero y, en general, de los cítricos en Chile. Corresponde a una pudrición de la corteza, acompañada de abundante exudación de goma color ámbar, que puede ocurrir en cualquier parte del árbol, aunque de preferencia en el tronco (Figura 170). En un árbol injertado sobre un patrón resistente, la lesión sólo se presenta por sobre la unión patrón-injerto (Figura 171).

Cuando la lesión afecta una cantidad importante de corteza, el árbol se debilita, disminuyendo su crecimiento y presentando una amarillez progresiva en su follaje (Figura 172). Si la lesión rodea completamente al tronco, el árbol termina muriendo.

El hongo también puede afectar a las raíces en crecimiento, penetrando mediante zoosporas que son liberadas en el agua libre del suelo. Este daño provoca una muerte rápida del árbol (Figura 173).



Figura 170. Gomosis severa en tronco de limonero.



Figura 171. Gomosis en ramas de limonero.

Figura 172. Limonero severamente afectado por gomosis en el tronco.



Figura 173. Muerte rápida de un árbol de limonero por ataque de *Phytophthora* spp. en sus raíces.



Generalmente, el ataque de estos hongos ocurre a fines de primavera o en el verano y se facilita cuando el suelo adherido o cercano al tronco, se mantiene muy húmedo por períodos prolongados.

La prevención de esta enfermedad endémica se basa en el empleo de portainjertos tolerantes (véase Capítulo 10), los cuales se deben injertar a la mayor altura posible en el vivero. Al respecto, el naranjo dulce aparece como un portainjerto muy susceptible, *Citrus macrophylla* y los híbridos de naranjo trifoliado como de mediana susceptibilidad y el naranjo trifoliado y naranjo agrio como de baja susceptibilidad.

También se previene evitando la saturación del suelo por largo tiempo e impidiendo que el agua de riego moje el tronco y el suelo en contacto con él, cualquiera sea el sistema de riego. En suelos con un alto contenido de arcilla, si se insiste en utilizarlos, los árboles deberían plantarse sobre un pequeño camellón (de aproximadamente 20 cm de altura), que disminuya la posibilidad de humedecimiento de los troncos con el agua de riego. En estos suelos arcillosos se debe tener especial cuidado con el exceso de riego.

El control químico de esta enfermedad se puede realizar mediante la aplicación de metalaxyl al suelo o aspersiones foliares con fosetyl-Al, siempre que exista registro de estos fungicidas en el país de destino de la fruta. Las lesiones del tronco se ayudan a cicatrizar con aplicaciones directas y localizadas de fosetyl-Al o de fungicidas de contacto, para lo cual se elimina, previamente, el tejido de corteza dañado, incluyendo un poco del tejido sano que lo rodea (Figura 174). El injerto puente, en ocasiones, puede ser útil para "bypasear" el daño (Figura 175).

Muy conveniente resulta revisar todos los árboles del huerto a fines de primavera o comienzos del verano, para detectar oportunamente posibles árboles afectados y proceder al tratamiento de control de la enfermedad en ellos, antes que alcance desarrollo irreversible.

Pudrición parda

Esta enfermedad es causada por el mismo hongo responsable de la gomosis de la corteza (*Phytophthora citrophthora*). El fruto se descompone, comenzando por una zona de color pardo claro, de consistencia cuerosa en



Figura 174. Heridas cicatrizadas en un tronco de limonero, después de haber extraído la corteza dañada por gomosis y haber sido tratada con fungicida cúprico.



Figura 175. El injerto puente puede ser útil para "bypasear" un daño severo en la corteza del tronco.



Figura 176. Pudrición parda en limones aún en desarrollo.



Figura 177. Limones maduros con pudrición parda.

la cáscara (figuras 176 y 177). Bajo condiciones húmedas, suele aparecer un micelio blanco sobre la zona podrida de la cáscara. El fruto afectado presenta un penetrante olor a rancio.

En el huerto, los frutos que tocan el suelo o están cercanos a éste se infectan al contactar el suelo que posee el hongo, o cuando son salpicados con gotas de agua con suelo infectado. Si las condiciones son favorables para el desarrollo del hongo, éste produce esporangios sobre la superficie del fruto y la lluvia que salpica, o que es llevada por el viento, puede infectar frutos en todo el árbol. La mayoría de los frutos infectados luego se cae. Pero, aquellos que son cosechados pueden no mostrar síntomas sino hasta después de varios días en almacenaje. Si un fruto infectado es embalado, la pudrición parda se puede extender a los frutos adyacentes en la caja (véase Capítulo 20).

Esta enfermedad suele afectar de manera importante la producción de cítricos, en general, y de limón en particular, especialmente en años de otoño o invierno lluvioso. Normalmente, la enfermedad se manifiesta en esa época, sobre los frutos maduros o cercanos a madurar.

La pudrición parda del fruto se puede prevenir mediante la aspersión del follaje con fungicidas cúpricos u otros indicados para esta enfermedad, poco antes del inicio del período de lluvias. Estas aspersiones se pueden dirigir, de preferencia o exclusivamente, a la zona inferior del árbol (de la mitad del árbol hacia abajo).

Pudrición gris

Causada por el hongo *Botrytis cinerea* Pers., es una enfermedad que afecta, dentro de los cítricos, principalmente al limonero.

Aunque puede afectar brotes y hojas, el daño más significativo ocurre en las flores y en los frutos. El hongo se manifiesta por la presencia de moho color gris sobre los órganos florales (Figura 178). Las flores atacadas abortan y caen, determinando una menor producción de fruta. Sin embargo, cuando la pudrición de la flor es parcial, el hongo se ubica en la base de la flor entrando

EL LIMONERO

en contacto con los estambres y con el ovario. Esto causa una estimulación del crecimiento en zonas de la pared del ovario, que una vez desarrollado el fruto, aparecen como crestas o protuberancias, generalmente cubiertas por una fina capa corchosa. Este daño, si bien no altera el interior del fruto, lo deprecia fuertemente para su comercialización en fresco (Figura 179).

La infección con este hongo ocurre en períodos prolongados de alta humedad en el aire (neblinas), coincidentes con temperaturas relativamen-



Figura 178. Pudrición gris en flores de limonero.

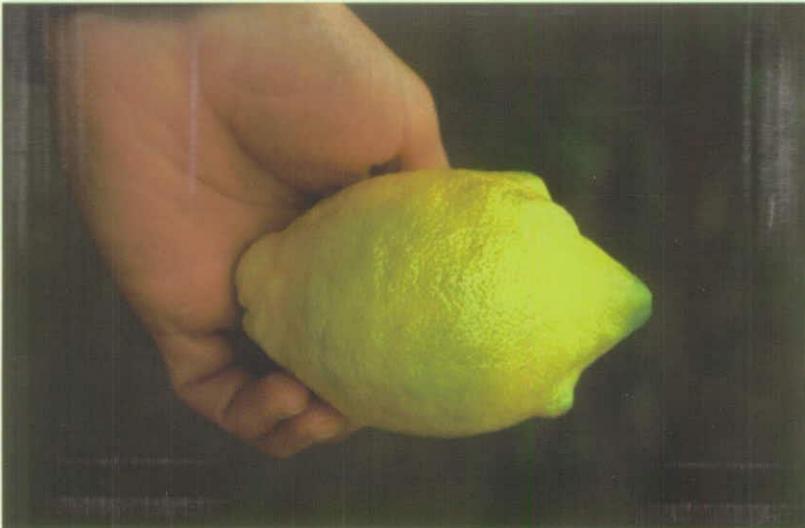


Figura 179. Protuberancias en la corteza, producto del daño causado por *Botrytis* en el ovario de la flor.

te bajas. Sin embargo, también una lluvia en el período de floración puede ser suficiente para causarla. La exposición sur de un huerto es más favorable a *Botrytis*.

En huertos donde esta enfermedad es recurrente, conviene prevenirla con aspersiones de fungicidas que protegen las flores y los frutos recién cuajados.

Xiloporosis o cachexia

Es una enfermedad causada por un viroide, que afecta, con bastante frecuencia, al portainjerto *Citrus macrophylla*. Los síntomas asociados a esta enfermedad corresponden a un debilitamiento del árbol. En la corteza del tronco se forman protuberancias romas y, bajo ella, invaginaciones verticales en el xilema, a veces con exudación de goma (Figura 180).



Figura 180. Tronco de *C. macrophylla* con síntomas de xiloporosis. Se extrajo un trozo de corteza para ver la madera.

Esta enfermedad se transmite por injerto y por el empleo de herramientas de corte contaminadas. Para prevenirla se recomienda el empleo de plantas certificadas, especialmente cuando el portainjerto corresponde a *Citrus macrophylla*.

En un huerto a base de planta corriente, en el momento de la poda, conviene desinfectar la herramienta entre una planta y otra en una solución de hipoclorito de sodio al 1% en agua.

ENFERMEDADES DEL LIMÓN EN POSTCOSECHA

Una vez cosechado, el limón, como los otros frutos cítricos, está expuesto a pudriciones causadas por diferentes especies de hongos. La mejor manera de proteger al fruto de estas pudriciones se basa en su trato cuidadoso desde la cosecha hasta su consumo. Durante todas las etapas que comprenden el manejo de cosecha y postcosecha, se debe evitar cualquier factor que produzca ruptura de la epidermis del fruto. Ésta, debido a su naturaleza cerosa, constituye una excepcional barrera a la infección fungosa. Su ruptura, aunque sea pequeña, permite una fácil penetración de los hongos al interior de la cáscara, desencadenándose la pudrición. La cosecha del fruto sobremaduro también facilita el ataque de los hongos causantes de pudrición. En adición al manejo cuidadoso, las pudriciones se pueden prevenir mediante el almacenaje a temperaturas relativamente bajas (véase Capítulo 23) y el tratamiento previo de los frutos con fungicidas. También es importante el saneamiento en los elementos y espacios por los que atraviesa la fruta desde su cosecha al almacenaje.

Las principales especies de hongos que causan pudrición de los frutos cítricos se analizan a continuación.

Pudrición parda

Es causada por el hongo *Phytophthora citrophthora*. Los síntomas se describen en el Capítulo 19.

Los frutos se pueden infectar, tanto en el árbol como en la cosecha, pues es un hongo que vive en el suelo del huerto. Por lo tanto, cualquier partícula de suelo, ya sea sola o disuelta en una gota de agua, es capaz de llevar las esporas desde el suelo al fruto. Ello ocurre en el período de lluvias

invernales con la tierra que salpica los frutos en el árbol o que contamina a las bolsas, canastos o cajas cosecheras.

El control en el huerto se basa en tratamientos preventivos con fungicidas cúpricos u otros específicos para este hongo (véase Capítulo 19). En postcosecha, el tratamiento consiste en someter a los frutos a un baño en agua caliente o en agua con hipoclorito de sodio a una concentración equivalente de 150 ppm de cloro activo (véase Capítulo 23).

Moho verde y moho azul

El primero es más frecuente y es causado por el hongo *Penicillium digitatum* Sacc., el que penetra a la cáscara del fruto a través de heridas existentes en ella. Los síntomas comienzan en forma de áreas embebidas con agua en la superficie del fruto, seguidas de desarrollo de micelio incoloro y luego la esporulación de color verde (Figura 181).



Figura 181. Moho verde en limón.

El moho azul tiene por agente causante el hongo *Penicillium italicum* Wermer, el cual, a diferencia del anterior, puede penetrar la cáscara sin necesidad de una herida y, por lo tanto, se puede propagar desde un limón a aquellos adyacentes. Los síntomas son similares a los del moho verde, excepto que las esporas son de color azul.

Las esporas de estos hongos son muy livianas y flotan en el aire por largos períodos en las bodegas y espacios cerrados, depositándose constantemente sobre la superficie de los frutos en almacenaje.

La prevención de esta enfermedad se basa en un manejo cuidadoso de la fruta, para minimizar heridas o rasguños en su piel, y en tratamientos postcosecha con fungicidas específicos, incluidos generalmente en la cera que se aplica antes del embalaje. Sin embargo, estos productos deben tener registro y aceptación en el país de destino de la fruta. Importante es un rápido almacenaje de la fruta a la temperatura y humedad relativa del aire recomendada para el limón (véase Capítulo 23). La sanitización de las cámaras también es importante.

Moho gris

Esta podredumbre es causada por el hongo *Botrytis cinerea* en su estado asexual (*Sclerotinia fuckeliana* (De Bary) Fuckel). Bajo condiciones propicias al desarrollo de este hongo (aire saturado de humedad y temperaturas superiores a los 12°C), puede penetrar directamente en el fruto a través de su epidermis, aunque ésta no esté dañada. El fruto se descompone rápidamente y, si la pudrición continúa, las partes atacadas por el hongo se recubren de una mohosidad color gris ceniza, pulverulenta.

La infección de este hongo se previene con los mismos tratamientos empleados para los mohos verde y azul.

ALTERACIONES FISIOLÓGICAS DEL FRUTO

El limón es más susceptible que otros frutos cítricos a determinadas alteraciones fisiológicas, específicamente la “peteca”, la “oleocelosis” y el daño por frío. En cambio, prácticamente es inmune a otros desórdenes fisiológicos comunes en naranjas y mandarinas (partidura del fruto, “clareta” o “creasing”, bufado, granulación de la pulpa y mancha acuosa o “pudrición kaki”).

Peteca

Una de las causas de mayor pérdida de producción de fruta en el limonero es la alteración denominada “peteca”. Ella corresponde a depresiones circulares, a veces de color grisáceo, que, en número variable y en forma dispersa, aparecen sobre la superficie del fruto. La porción de albedo (tejido blanco y esponjoso de la cáscara) ubicada bajo cada depresión, se deseca. Aunque este desorden no llega a la pulpa, deteriora tanto la apariencia del fruto que éste pierde, parcial o totalmente, su valor para venta al estado fresco (figuras 182 y 183).

El problema, que normalmente se manifiesta después de la cosecha, en ocasiones ya afecta a frutos en el árbol. Aparece coincidentemente con la maduración del fruto y sólo en el limón de invierno, ya que no se presenta en el limón de primavera ni de verano. Su manifestación es errática, pues hay zonas o huertos con mayor incidencia de esta alteración e, incluso, en un mismo huerto hay bastante variación un año con otro.

Cuando el síntoma de peteca no se observa antes de la cosecha, la fruta propensa a este desorden lo evidencia transcurrido cierto tiempo después de ella (normalmente, antes de una semana a temperatura ambiente). En efecto, una práctica habitual en el proceso de postcosecha del limón de



Figura 182. Peteca, ya presente en frutos a la cosecha.



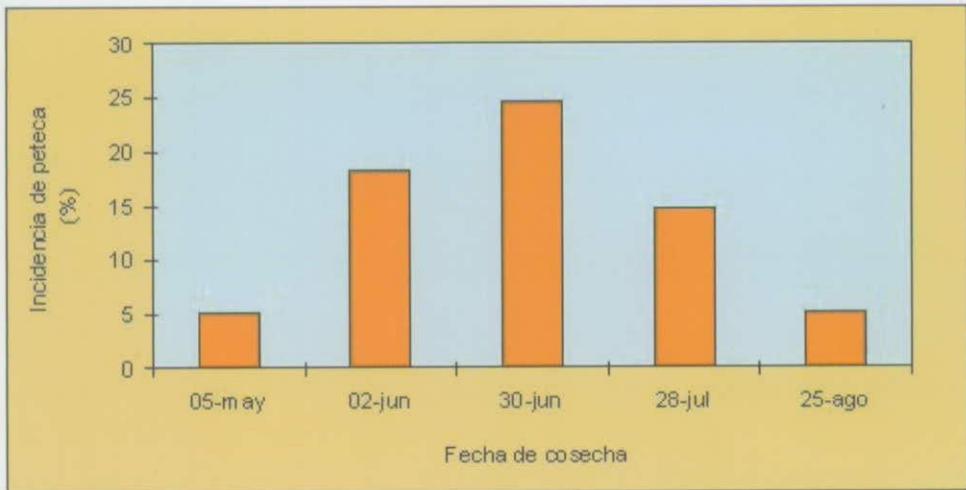
Figura 183. Peteca que se desarrolló en postcosecha.

invierno, es someter a la fruta a un “curado”, manteniéndola por algunos días a temperatura ambiente, para que ella manifieste los síntomas de peteca y, así, proceder a descartar los frutos afectados antes de proceder al empaque. Simultáneamente, este curado disminuye la turgencia del fruto, con lo que se torna menos susceptible a “oleocelosis” (manchas pardas en la epidermis, producto del derrame de aceite esencial a causa de la ruptura de glándulas oleíferas), que genera el roce por movimiento de los limones desde la cosecha en adelante.

Aunque las causas de la peteca aún no están totalmente dilucidadas, se presume que el problema está relacionado con las condiciones meteorológicas reinantes en el período de maduración del fruto en el árbol.

En un estudio, realizado en 1997, en tres huertos de limonero ubicados en distintas localidades de la Región Metropolitana, se seleccionaron tres árboles en cada huerto, a los cuales se les dejó toda su fruta durante el período de observación. De cada árbol se colectaron 30 frutos cada 28 días. La pe-

teca se evidenció en almacenaje, principalmente en los frutos cosechados en los meses de junio y julio. Se inició con baja incidencia, en cuanto a número de frutos afectados, a comienzos de mayo, para llegar a un máximo a fines de junio y de allí ir bajando hasta alcanzar un mínimo en la cosecha de fines de agosto (Figura 184). En este estudio se encontró una asociación entre la peteca y la evolución de la temperatura y humedad relativa del aire en el huerto. La peteca apareció coincidentemente con el descenso en las temperaturas máximas diarias y con el ascenso en la humedad relativa mínima, y desapareció en el período en que comenzaron a aumentar las temperaturas máximas y a descender la humedad relativa mínima (Cuadro 9). Por otra parte, en general, los limones ubicados en la parte exterior de la copa se presentaron algo más propensos a peteca que aquéllos de la zona interior del árbol, más protegidos.



Fuente: Schultze, J. 2000. Influencia de la ubicación geográfica del huerto y del fruto en el árbol sobre el desarrollo de peteca y la calidad en limones. Memoria Ing. Agronómica. Santiago, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 72 p.

Figura 184. Incidencia de peteca según la época de cosecha. Promedio de tres huertos de la Región Metropolitana, año 1997.

En otros estudios sobre peteca del limón, se asevera que, además de las bajas temperaturas, condiciones de alta humedad sobre el fruto, por efecto del rocío o de las precipitaciones, aumentan la aparición de este desorden, y que a medida que la cosecha se realiza más alejada con posterioridad a la lluvia, menor es la incidencia de peteca.

Un factor que también podría estar incidiendo en el desarrollo de peteca es el estado de latencia en que los árboles de limonero se encuentran en el

Cuadro 9. Temperatura máxima y mínima y humedad relativa máxima y mínima. Promedios semanales en tres huertos de limonero de la Región Metropolitana. Año 1997.

Periodo	----- °C -----		----- % -----	
	T máxima	T mínima	HR máxima	HR mínima
06/3 - 12/3	30,8	10,0	86,7	22,0
13/3 - 19/3	21,9	10,8	87,3	48,6
20/3 - 26/3	24,6	7,7	88,3	32,7
27/3 - 02/4	26,4	8,6	86,3	29,7
03/4 - 09/4	24,4	5,3	86,6	28,3
10/4 - 16/4	25,1	7,0	85,6	32,0
17/4 - 23/4	20,5	9,9	84,7	46,7
24/4 - 30/4	22,7	8,0	83,7	36,7
01/5 - 07/5	22,7	6,6	85,3	34,7
08/5 - 14/5	18,8	7,6	84,3	52,7
15/5 - 21/5	15,5	7,8	84,3	55,0
22/5 - 28/5	15,3	4,8	84,7	55,0
29/5 - 04/6	13,0	7,6	84,3	71,0
05/6 - 11/6	13,8	5,8	86,0	57,0
12/6 - 18/6	13,1	8,0	85,0	69,0
19/6 - 25/6	12,3	6,9	86,7	66,0
26/6 - 02/7	12,1	0,2	86,7	52,3
03/7 - 09/7	15,1	6,3	86,0	59,7
10/7 - 16/7	15,4	4,7	86,7	55,3
17/7 - 23/7	15,9	2,9	86,3	52,3
24/7 - 30/7	15,0	8,3	86,3	67,3
31/7 - 06/8	14,4	3,1	87,3	51,7
07/8 - 13/8	22,1	6,0	85,3	42,7
14/8 - 20/8	13,2	6,1	87,5	-
21/8 - 27/8	20,1	6,4	85,7	40,3

Fuente: Schultze, J. 2000. Influencia de la ubicación geográfica del huerto y del fruto en el árbol sobre el desarrollo de peteca y la calidad en limones. Memoria Ing. Agronómica. Santiago, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 72 p.

período en que aparece la peteca. Incluso, habitualmente, en el mes de junio (correspondiente a la mayor expresión de peteca) el limonero sufre defoliación con abundante caída de hojas. Es probable que, bajo esas condiciones, el fruto aumente su sensibilidad al desorden, el cual se expresaría en plenitud cuando se separa del árbol en la cosecha.

Los antecedentes aquí expuestos permiten sospechar que la peteca corresponda a una alteración causada por las bajas temperaturas, asociadas a condiciones de elevada humedad atmosférica e incluso mojamiento del fruto por rocío, neblinas y precipitaciones, que sorprenden al limón en un estado susceptible. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que esta alteración tenga origen distinto o adicional al mencionado.

Es lamentable que, pese a su gravedad, la peteca sea un problema aún no resuelto. Los antecedentes sobre evolución del desorden, según la época

de cosecha, pueden ser de utilidad para focalizar futuras investigaciones en la materia, o bien, para determinar épocas propicias para la cosecha o para eventuales tratamientos en orden a disminuir la incidencia de esta alteración. Sin embargo, hasta donde le ha sido posible indagar al autor del presente libro, no existirían aún tratamientos preventivos para la peteca del limón.

Oleocelosis

La “oleocelosis” corresponde a manchas en la epidermis del fruto, causadas por el desprendimiento de aceites esenciales, desde las glándulas oleíferas, cuando éstas son destruidas por el manipuleo durante la cosecha, transporte o posterior empaque (Figura 185). En la fruta cosechada de color verde, las manchas generalmente permanecen de este color, contrastando con el amarillo que adquiere el fruto posteriormente. Cuando el daño ocurre en frutos ya amarillos, las manchas son de color marrón. La oleocelosis ocurre principalmente en el limón cosechado en un período húmedo y frío, donde la mayor turgencia del fruto favorece la ruptura de las glándulas de aceite. Por este motivo, la cosecha no debe realizarse cuando el limón está mojado, ya sea por lluvias, lloviznas, neblinas o rocíos. Normalmente, se cosecha en la tarde, incluso sin mediar mojamiento del fruto. El limón debe ser manejado con máximo cuidado, evitando golpes y rozaduras. La mantención del fruto a temperatura ambiente, por algunos días después de la cosecha, hace disminuir su turgencia y, por lo tanto, lo torna más resistente al posible daño durante el manejo de selección y empaque.

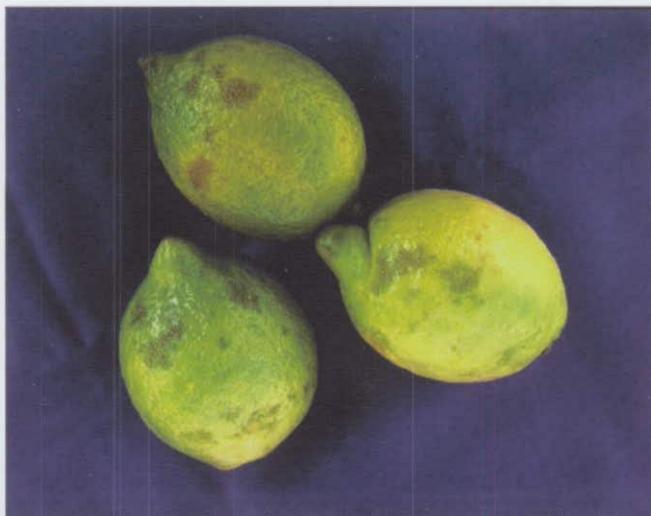


Figura 185. Oleocelosis.

Daño por frío

Ocurre cuando el limón es almacenado a baja temperatura (generalmente, por debajo de los 10°C). La severidad del daño es proporcional al descenso en la temperatura y al tiempo de exposición.

Generalmente, los síntomas se manifiestan cuando la fruta es transferida a mayores temperaturas. Ellos corresponden a la formación de manchas oscuras y deprimidas en la cáscara (Figura 186), como también a una posible pigmentación parda en las membranas de los gajos.

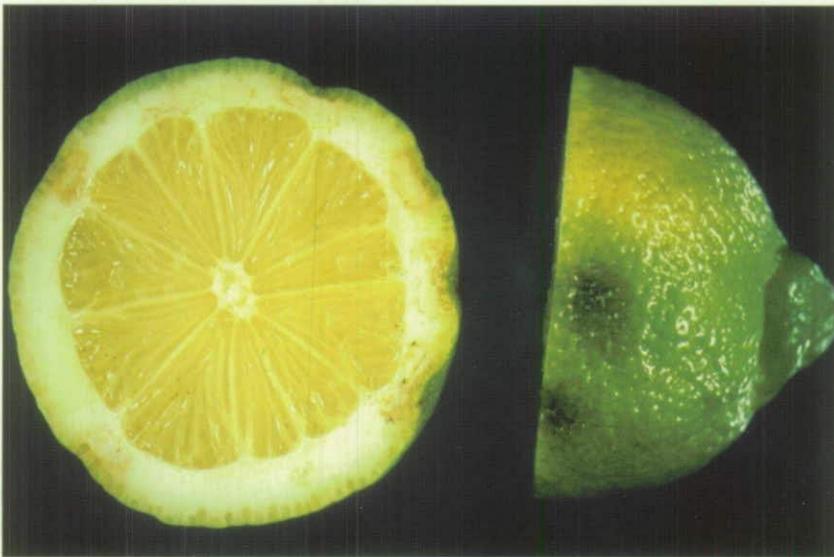


Figura 186. Daño por almacenaje a temperatura demasiado baja.

Sobremaduración

El limonero, como la mayoría de los cítricos, es un árbol que retiene a sus frutos durante un largo período después de su maduración. En el limonero, este período, normalmente es de dos a cuatro meses, siendo más corto mientras más cálido es el clima en ese momento. Finalmente, si el fruto no es cosechado, termina por caer absolutamente sobremaduro.

El limón sobremaduro se caracteriza por presentar un gran tamaño, un color amarillo intenso, una cáscara blanda y esponjosa, un eje central hueco, una menor jugosidad y un aroma y sabor característicos. Su conservación postcosecha es limitada.

Este limón se desprende fácilmente del pedúnculo y, normalmente cae del árbol. Sin embargo, en ocasiones, el fruto permanece adherido al árbol por largo tiempo, en cuyo caso la pulpa se seca totalmente y, muchas veces, las semillas germinan en el interior del fruto (Figura 187).

Quimeras

La quimera corresponde al desarrollo simultáneo de dos tejidos de diferente constitución genética en un mismo órgano. Los frutos cítricos suelen presentar, con frecuencia, este llamativo síntoma.

Existen diversos tipos de quimeras, pero, en los cítricos, la más común es aquella denominada como “mericlinal”, donde un tejido distinto se inserta como una franja en la cáscara del fruto (Figura 188).

Las quimeras constituyen un problema de origen genético y no tienen control. Sin embargo, se debe evitar su propagación, descartando para obtención de material de propagación, a los árboles que las presenten.

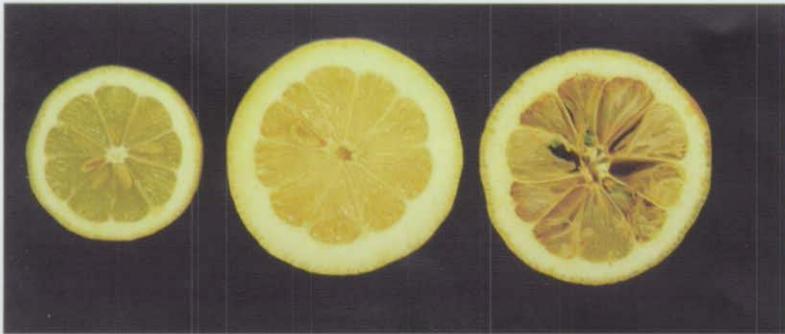


Figura 187. Izquierda: limón maduro; centro: limón sobremaduro; derecha: limón con sobremadurez extrema, por permanecer en el árbol, sin caer.



Figura 188. Quimera mericlinal.

Capítulo 22

COSECHA

El limón corresponde a un fruto llamado hesperidio, de lenta maduración en el árbol. Lo que se consume es el jugo, el cual logra suficiente acidez y aroma antes que el fruto alcance su plena madurez en el árbol y, si no se cosecha, tales características las mantiene casi hasta su caída natural. Por estos motivos, la recolección del limón, normalmente se puede realizar durante un período bastante largo (sin considerar que, prácticamente, se puede cosechar durante todo el año, si se toman en cuenta las diferentes producciones que ocurren debido a la reflorescencia). Entonces, lo que determina el momento y el estado de madurez para la cosecha obedece a motivos comerciales y al destino que se dará a la fruta. El límite de cosecha anterior a su madurez lo determina, esencialmente, el tamaño del fruto y su contenido de jugo (no debería ser inferior al 25% en volumen, ojalá superando el 30% en el caso de requerirse una óptima calidad).

A medida que el fruto se va desarrollando, junto con aumentar de tamaño va incrementando su contenido de jugo. Por su parte, el límite de cosecha posterior a su madurez lo determinará, principalmente, la conservación que se espera en el fruto después de su recolección. Mientras más maduro se cosecha, más percedero es el fruto. Sin embargo, la cosecha prematura, antes de la madurez, también afecta la conservación del fruto, principalmente, por estar en un estado muy proclive a la deshidratación y a arrugarse. Por lo tanto, cuando se desea una óptima calidad y una máxima conservación post-cosecha (caso de la exportación en fresco), el fruto se debe cosechar cuando ya se ha desarrollado suficientemente y está cercano a alcanzar su plena madurez en el árbol. Ese momento coincide con el comienzo de la coloración amarilla en la piel, estado denominado comúnmente como “plateado”, aunque también se puede recolectar con una amarillez algo mayor. Generalmente, a inicio de la temporada de exportación se cosecha plateado y, a medida que ella avanza se va cosechando más amarillo. Sin embargo, la amarillez

intensa es motivo de descarte para exportación. En la Figura 189 se presentan limones en distinto estado de madurez: verde, plateado, amarillo y amarillo oscuro. Para exportación se utilizan los dos centrales.



Figura 189. De izquierda a derecha: limón verde claro, "plateado", amarillo claro, amarillo oscuro.

Para el mercado interno es frecuente recolectar una parte de los frutos de invierno anticipadamente, aún creciendo y de color verde en la piel. Este fruto, que en la jerga comercial recibe el apelativo de "cachaña", aunque de inferior calidad, se suele vender a buen precio a mediados del otoño, cuando ya no queda limón de verano y todavía no sale la producción de invierno (Figura 190). Para que este fruto tenga una mejor presentación se suele desverdear sometiéndolo a una atmósfera con etileno gaseoso en cámaras especiales, aunque su calidad interna no mejora (véase Capítulo 23).



Figura 190. Limones cosechados en estado de madurez "cachaña".

También es frecuente la cosecha de frutos sobremaduros en la primavera, correspondientes a aquellos que no fueron recolectados en el invierno. Estos frutos alcanzan gran tamaño y una coloración amarilla intensa en la piel. Su calidad y aroma no son óptimos, como tampoco lo es su duración postcosecha. Sin embargo, abastecen el mercado interno en un momento en que los precios comienzan a subir.

La cosecha de limón para exportación (y en lo posible, también para el mercado interno) debe ser cuidadosa, evitando cualquier golpe que pueda causar daño en la epidermis del fruto. Se debe cosechar con las uñas cortas o, mejor aun, utilizando guantes (que, al mismo tiempo, protegen las manos del operario de las espinas).

Para recolectar los frutos se utiliza una tijera especial, sin punta, con la cual se corta el pedicelo a cierta distancia del fruto y se recorta a ras antes de colocarlo en la bolsa cosechera (figuras 191, 192 y 193). Nunca se debe extirpar el pedúnculo, pues la herida que allí ocurre es fuente de pudrición fungosa y/o deshidratación durante el almacenaje. Tampoco se debe dejar un tocón de pedúnculo, el cual pueda causar daño en los frutos vecinos durante el manipuleo.



Figura 191. Cosecha, con tijeras sin punta y empleo de guantes.

El fruto debe estar seco, pues al recolectarlo mojado queda muy expuesto al desarrollo de oleocelosis durante su posterior manejo (véase Capítulo 21). Por este motivo, se suele recolectar en la tarde, cuando ya ha desaparecido el agua superficial, producto del rocío o la neblina.



Figura 192. Recortando el pedicelo antes de colocar el fruto en la bolsa cosechera.



Figura 193. Canastos, debidamente cubiertos y con bolsa.

Para alcanzar los frutos ubicados en la parte alta del árbol se utiliza una escalera tipo “tijeras”, lo más liviana y segura posible. Se recomienda comenzar con la bolsa cosechera vacía en lo alto de la escalera, para ir la llenando en la bajada. Se debe tener especial cuidado de no dañar los frutos que están en el árbol con la escalera.

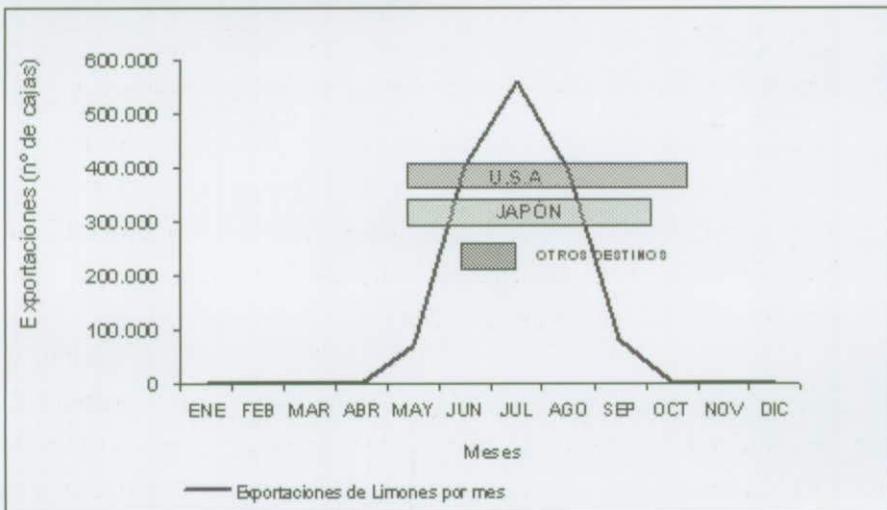
Una vez llena la bolsa cosechera (evitando presionarla contra la escalera), se vacía cuidadosamente en el “bin” (de aproximadamente 400 kg), evitando al máximo que los frutos rueden (Figura 194). El bin puede estar recubierto internamente con un material acolchado, que suavice el contacto de los frutos con la madera o el plástico con el que está construido. En algunos casos, al momento de vaciar la fruta en el bin, se hace una preselección, separando los frutos afectados por causas de descarte evidente.

La cosecha se realiza en varias pasadas, a medida que los frutos van alcanzado la madurez deseada. Generalmente, los frutos que maduran primero son aquéllos ubicados en la parte exterior y superior del árbol, quedando para recolección posterior los de la parte baja e interior.

Finalmente, cabe señalar que el período de exportación del limón chileno se extiende desde fines de abril hasta fines de septiembre. En la Figura 195, se presenta la evolución de las exportaciones y el período, según destino, que se tuvo el año 2002.



Figura 194. Vaciado del canasto cosechero en el bin.



Fuente: Asociación de Exportadores de Chile

Figura 195. Período de exportación del limón chileno, según destino, el año 2002. Cajas de 17,2 kg.

MANEJO DEL LIMÓN EN POSTCOSECHA

En este punto se tratará el manejo que habitualmente se da al limón para la exportación, no sin antes consignar que no es un proceso estándar, pues presenta variaciones según la propia experiencia, la época de cosecha y el destino de la fruta. Para el mercado interno se puede obviar algunas etapas, asumiendo que el fruto tendrá una venta rápida.

Una vez cosechado en el bin, éste se transporta, de inmediato y cuidadosamente, a la central de empaque, salvo que se proceda a realizar un “curado” en el propio huerto, en lugar bajo techo y ventilado. Si no es así, generalmente, la primera operación en la central de empaque es una inspección, para determinar la calidad con que llega el fruto. Luego, el limón es sometido a un “curado”, que consiste en su almacenamiento en el bin, a temperatura ambiente por algunos días (tres a cinco a inicios de temporada y uno a dos desde mediados de ésta). Un mejor manejo del curado se logra realizándolo en cámara a una temperatura de 16-18°C (que en invierno se logra instalando un calefactor) y con fuerte movimiento de aire. Durante este período el fruto pierde algo de su turgencia, con lo cual se torna más resistente al desarrollo de oleocelosis (véase Capítulo 21). Simultáneamente, se procura que el fruto manifieste posibles problemas como la peteca o algún indicio de pudrición, antes del proceso de empaque.

Cumplido el curado, el limón entra a la línea de proceso que culmina con el envasado. Las etapas que comúnmente tiene esta línea son: vaciado, primera selección, baño en agua caliente (optativo), lavado, escobillado, enjuague, segunda selección, aplicación de fungicida (optativo), enceramiento (optativo, puede ser junto con el fungicida), secado, calibración, envasado, selladura de cajas, “paletizado”, almacenaje o transporte.

En cada una de estas etapas se debe evitar cualquier daño que pueda ocurrir en la epidermis del fruto (golpes, roce excesivo, erosión por arena, etc.). La epidermis es una delgada capa cerosa que cubre la cáscara y que constituye una formidable barrera contra la penetración de pudriciones fungosas y la deshidratación. La más mínima ruptura en esta película protectora deja al fruto expuesto a los problemas señalados.

Vaciado

Aunque se puede vaciar en seco sobre cinta transportadora, generalmente se prefiere el vaciado en agua, pues, además de ser más suave, permite regular mejor el flujo de fruta en la línea de proceso. Comúnmente, se adiciona detergente e hipoclorito de sodio al agua del tanque, de manera de mantener una concentración equivalente de 150 ppm de cloro activo, que actúa como desinfectante. El agua se debe renovar periódicamente para evitar que se transforme en una fuente de contaminación de enfermedades que causen posterior pudrición del fruto.

Primera selección manual

Esta etapa deber ser realizada con personal suficiente y experimentado. Debe existir buena iluminación. En ella se separa la fruta demasiado pequeña, demasiado grande y aquélla de color verde o con deformación o daño de cualquier índole a simple vista (Figura 196).



Figura 196. Primera selección manual.

Baño en agua caliente

Se realiza con ceniza de soda (carbonato de sodio) al 2% en agua, durante tres minutos, a una temperatura de 38 - 42°C (Figura 197). Esta operación tiene por finalidad la destrucción de esporas de los hongos causantes de la pudrición parda y el moho gris, que los frutos puedan traer desde el huerto. A continuación la fruta se enjuaga con agua.

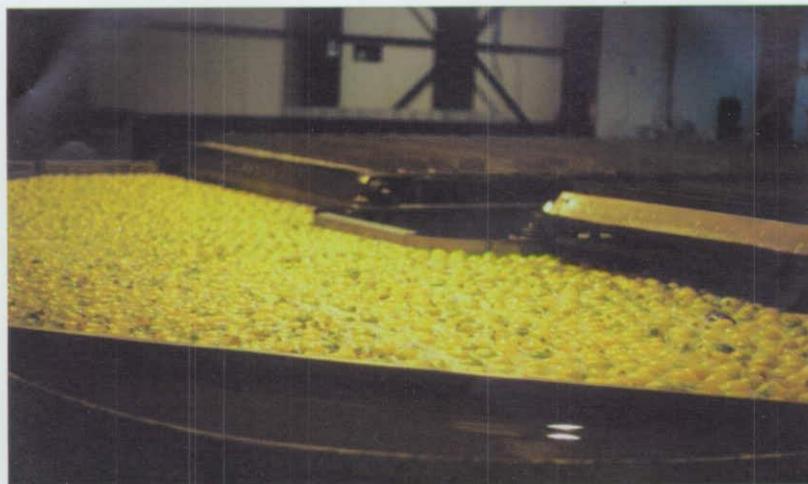


Figura 197. Baño en agua caliente y ceniza de soda.

Cepilladura y lavado

En esta fase se trata de eliminar restos de materia orgánica, tierra, residuos de productos químicos, eventuales secreciones de insectos, etc. Se realiza mediante agua con detergente, utilizando cepillos rotatorios de nailon, que no superen las 80 rpm y con un tiempo de permanencia sobre ellos de 20 a 30 segundos. Los detergentes recomendados son del tipo dodecibenceno-sulfonado sódico. Luego viene un enjuague con abundante agua a presión, para la total eliminación del detergente. Posteriormente, se recomienda hacer un escurrido sobre rodillos de espuma látex, que no giren a velocidad superior a las 75 rpm.

Presecado

Esta operación se realiza previo al enceramiento, para mejorar la adhesión de la película de recubrimiento.

Segunda selección manual

Aquí se persigue eliminar cualquier fruto defectuoso que se haya podido pasar en la primera selección. Es una etapa optativa. (Figura 198).



Figura 198. Segunda selección manual.

Enceramiento con fungicida

La finalidad de este proceso es la de sustituir o aumentar las ceras naturales del fruto, que han sido parcialmente eliminadas en las operaciones anteriores. Con ello, el fruto mejora su presentación y queda menos expuesto a la deshidratación durante el período de comercialización. Generalmente, se adiciona a la cera un fungicida compatible con ella y con la salud humana, cuya finalidad es proteger al fruto de posteriores pudriciones fungosas causadas, principalmente, por *Penicillium*. En la actualidad, los fungicidas más empleados corresponden a imazalil y tiabendazol.

La cera se aplica mediante cepillos rotatorios (no más de 80 rpm), los cuales son humedecidos mediante boquillas especiales (Figura 199). Generalmente, se utiliza un litro de cera por 800 a 1.000 kg de fruta, lo cual permite que la película que se deposita sobre el fruto sea de un espesor suficiente para que cumpla su finalidad y no sea excesivo como para bloquear los gases respiratorios del fruto. Además, un exceso de cera otorga una apariencia demasiado brillante y casi artificial al fruto (Figura 200).



Figura 199. Enceramiento del limón.

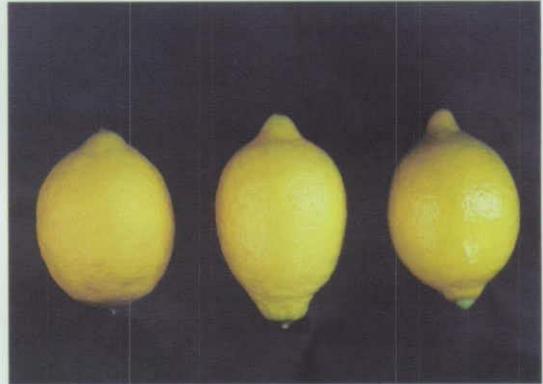


Figura 200. Izquierda: limón sin encerar; centro: limón bien encerado; derecha: limón con exceso de cera.

Es importante señalar que el empleo de cera, como también de fungicida, debe ceñirse estrictamente a la existencia de registro de esos productos en el país de destino de la fruta y a las restricciones que puedan tener para su empleo. Entonces, antes de su uso en la línea de proceso, se debe conocer, exactamente, la legislación existente en cada país, la cual puede variar de año en año, e, incluso, en meses. Una buena fuente de información es la Agenda de Pesticidas de ASOEX.

Según esto, se podrá utilizar determinada cera con fungicida, o sólo fungicida, o sólo cera o, incluso, ninguno de éstos.

Secado

Inmediatamente después del enceramiento, el fruto se somete a un secado con aire caliente, en un túnel, para evaporar el agua, y para que la película de cera se adhiera bien a su piel. Se recomienda que, dentro del túnel de secado los rodillos sean metálicos y no rotatorios, la temperatura del aire en 45°C y que el tiempo de permanencia de la fruta no supere los tres minutos.

Calibración

La separación de los limones en sus respectivos calibres se realiza en máquinas que separan por peso (Figura 201).

En la actualidad, cada vez más, se están utilizando los calibradores electrónicos informatizados, que permiten una clasificación por peso, tamaño, color o combinaciones de estas variables (Figura 202).

Figura 201. Selección electrónica por color y línea de calibración por peso..



Figura 202. Limón de color plateado, que fue seleccionado electrónicamente.

Tercera selección manual

Aquí, el limón es sometido a una última revisión, donde se clasifica por calidades y se descarta la fruta no comercial que se haya pasado. En esta etapa se recomienda el uso de rodillos giratorios de color blanco, que permitan visualizar la totalidad de la superficie del fruto, una buena iluminación, un fácil acceso de los operarios a la fruta y una velocidad adecuada. (Figura 203).



Figura 203. Tercera selección manual.

Envasado

Una vez seleccionada y separada en calibres, la fruta es envasada en cajas, cuya capacidad depende del destino que tendrá (generalmente, 17,2 kg neto, Figura 204). El llenado de las cajas puede realizarse a mano, (Figura 205), de manera semiautomática o automática, según las exigencias del cliente. Los calibres en que habitualmente se separa el limón son: 75; 95; 115; 140; 165 y 200, pudiendo existir un 235, para determinados destinos (Figura 206).

Un tipo de envasado es la colocación, en lo posible automática, de la fruta en pequeñas bolsas de malla, las cuales una vez prepesadas, se colocan en cajas de madera o cartón. Este tipo de envase es solicitado por algunas cadenas de supermercados, para facilitar la venta al consumidor.



Figura 204. Limones envasados en caja de cartón de 17,2 kg neto.



Figura 205. Envasado manual.



Figura 206. Calibres utilizados en limón de exportación. De izquierda a derecha: 200, 165, 140, 115, 95 y 75. (Caja de 17,2 kg neto).

“Paletizado”

Las cajas, una vez selladas, se apilan sobre “pallets”, generalmente en número de 72 cajas/pallet (8 corridas), en el caso de cajas de cartón de 17,2 kg, los cuales se aseguran con malla o con flejes y cantoneras (Figura 207). De allí el limón es llevado a almacenaje o transportado a destino.

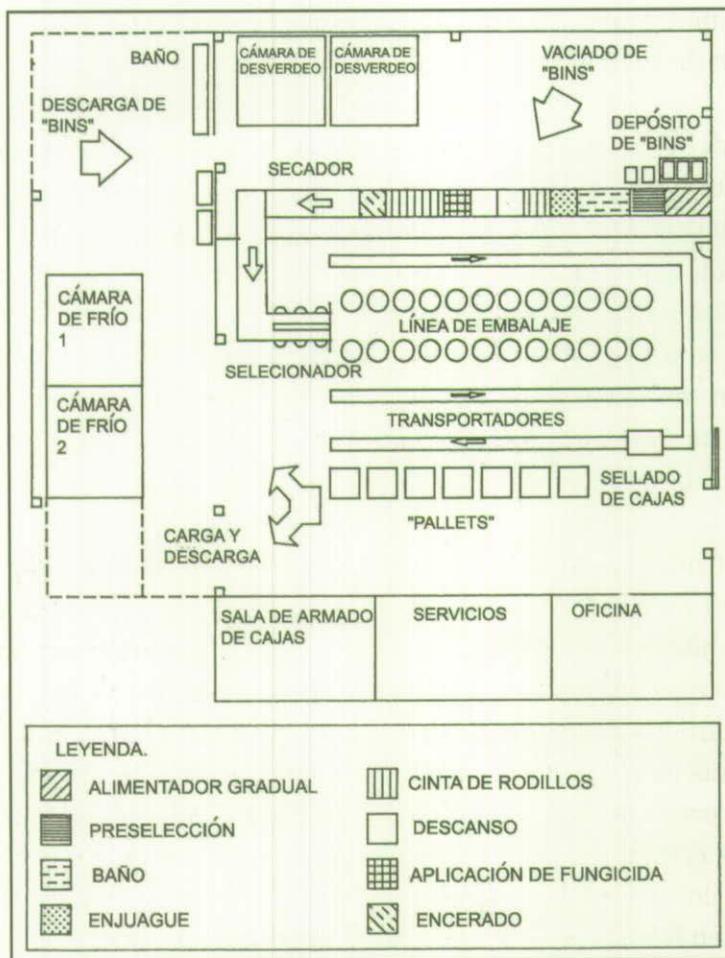


Figura 207. “Paletizado” de las cajas de limón para exportación.

En la Figura 208 se presenta un diagrama de una central de selección y empaque.

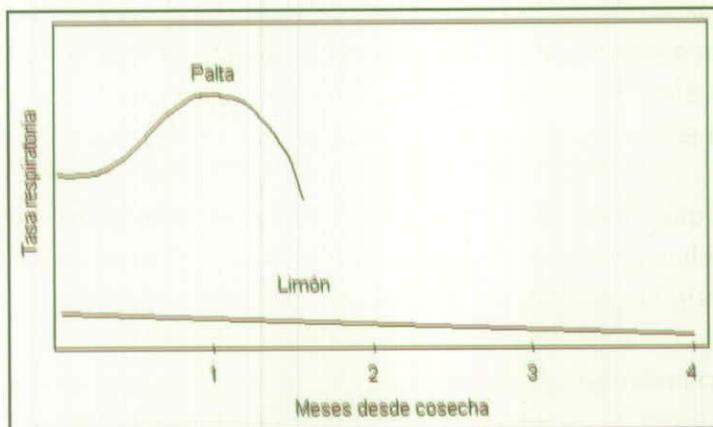
Almacenaje

El fruto es un órgano que sigue viviendo después de la cosecha, y como todos los frutos cítricos, el limón es de carácter no-climatérico. Es decir, presenta una tasa respiratoria moderada, que se mantiene baja durante toda su vida postcosecha. No presenta el dramático ascenso respiratorio que tienen los frutos climatéricos (como la palta), coincidente con su ablandamiento y posterior descomposición (Figura 209). Por este motivo, el limón presenta un largo período de almacenaje después de cosechado, el cual es prolongado si se le otorgan las condiciones para evitar o, mejor dicho, postergar su deterioro.



Fuente: Owen-Turner, J. 1995. Growing citrus in Queensland. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. Information Series Q195009. 44 p.

Figura 208. Diagrama tipo de un "packing" para frutos cítricos.



Elaborado por el autor

Figura 209. Evolución virtual de la respiración del limón y la palta en almacenaje refrigerado.

Las principales causas de deterioro en este fruto son la deshidratación, la pudrición fungosa y el daño fisiológico por baja temperatura.

La deshidratación ocurre por causa de la transpiración, es decir la pérdida de agua en forma de vapor desde los tejidos esponjosos y acuosos de la cáscara. Aunque disminuye ostensiblemente con el enceramiento, la deshidratación se reduce, aún más, manteniendo al fruto en un ambiente húmedo y frío.

Por su parte, las pudriciones fungosas, aunque se evitan en gran medida con un trato cuidadoso del fruto desde la cosecha en adelante, más la adición de un fungicida previo al envasado, también se minimizan con el almacenaje a baja temperatura.

En Chile, las condiciones ideales para la conservación del limón en almacenaje (o en transporte prolongado) se dan a una temperatura de 11 a 13°C y una humedad relativa de 90 a 95%, con una renovación periódica del aire en la cámara. Esta renovación persigue mantener los niveles de etileno y anhídrido carbónico del aire por debajo de 1 ppm y 0,25%, respectivamente. Temperaturas inferiores a los 10°C (especialmente por un período prolongado) pueden causar daños fisiológicos en los frutos (especialmente en aquéllos cosechados a comienzos de la temporada, en otoño), que se manifiestan principalmente en forma de manchas circulares y deprimidas en la cáscara, que comprometen hasta el albedo, pero no al endocarpio (Figura 186). Otro posible síntoma recibe el nombre de “membranosis”, el cual se manifiesta con un pardeamiento de las membranas carpelares en la zona cercana al eje del fruto. Estos problemas son comunes para el limón y el pomelo. Las naranjas y mandarinas son más resistentes y normalmente se almacenan a menor temperatura. Un método que se menciona puede disminuir la posibilidad de daño por frío, consiste en someter al limón a un acondicionamiento a 16°C y 85% HR por una semana, antes de su almacenaje antes señalado.

El limón cosechado, tratado y almacenado bajo óptimas condiciones puede durar hasta 4 ó 5 meses, manteniendo una calidad aceptable, aunque en mercados exigentes el período es menor.

Desverdeo

Es una práctica opcional, que se realiza en el limón recién cosechado, para acelerar la decoloración del color verde de la cáscara del fruto, sometiéndolo

a una atmósfera cálida y rica en etileno gaseoso. El etileno, unido a la temperatura, gatilla y acelera el proceso de degradación de la clorofila, que es el pigmento responsable del color verde de la piel. Ello permite la aparición, a la vista, de los carotenoides responsables de la coloración del fruto cítrico maduro (Figura 210).



Figura 210. De izquierda a derecha: limones con uno, dos, tres y cuatro días en cámara de desverdeo.

En el limón, esta práctica se realiza para mejorar la apariencia del fruto de invierno, cuando se cosecha en otoño, antes que alcance su amarillez en el árbol. Las cualidades internas del fruto no mejoran y, por el contrario, pueden empeorar si la operación no se realiza cabalmente. Esta práctica se puede realizar para la fruta destinada al mercado interno o, bien, para aquella de exportación a inicios de la temporada. Esto último es especialmente válido cuando, posteriormente, el fruto es encerado con cera acrílica, impermeable, que paraliza el proceso de degradación natural de la clorofila.

El tratamiento se lleva mejor a cabo en cámaras herméticas, acondicionadas para este fin. Para ello se les instala un sistema de calefacción por resistencias eléctricas, se potencia su capacidad de humidificación y se instala un sistema de dosificación de etileno en flujo continuo. Esto permite inyectar en la cámara, ya sea en forma continua o intermitente, un flujo de aire con la concentración de etileno deseada, y el caudal suficiente. La cámara debe tener una salida de aire para evitar la acumulación excesiva de anhídrido carbónico, el cual es antagonista con el etileno y retrasa el proceso de desverdeo.

Un procedimiento más rudimentario consiste en inyectar el gas a una cámara, en una dosis repetida cuatro veces en 24 horas. La cámara debe ser ventilada antes de la inyección de cada dosis. Este procedimiento es más lento en desverdear, la coloración no siempre es uniforme y tiene mayor riesgo de daño en la piel del fruto (Figura 211).



Figura 211. Daño en la piel del limón, causado por etileno en una cámara de desverdeo mal manejada.

Las condiciones recomendadas para el desverdeo del limón son las siguientes: temperatura, 22 a 25°C (no sobrepasar los 28°C); humedad relativa, 90 a 95%; concentración de etileno, 3 a 5 ppm (nunca sobrepasar 10 ppm); concentración de anhídrido carbónico, inferior a 0,2% (en flujo continuo) e inferior a 0,5% en cualquier caso; concentración de oxígeno, nunca inferior a 20%; duración, 24 a 96 horas.

Los frutos que se cosechan ya iniciado el cambio de color, desverdean más rápido que aquéllos de color verde oscuro en la piel. Por otro lado, los frutos generalmente continúan su proceso de desverdeo (aunque lentamente) una vez sacados de la cámara. En el proceso de desverdeo se debe considerar las siguientes recomendaciones:

- No recolectar frutos demasiado inmaduros, pues se deshidratarán y arrugarán antes de conseguir su color amarillo.
- No recolectar fruta mojada, pues la cáscara muy turgente da lugar a rotura de glándulas de aceites esenciales que dan origen a manchas verdes, que se hacen visibles con la coloración del fruto (Figura 212).

- No encerrar antes del desverdeo.
- Asegurarse una circulación uniforme del aire en la cámara, que no incida directamente sobre los frutos, con una velocidad recomendada de 14 – 20 m/min y que garantice la homogeneidad térmica y un buen reparto de gases.
- Evitar fugas de etileno, que puedan llevar a altas concentraciones de este gas (3%), las cuales son explosivas ante la menor chispa.
- Finalizado el desverdeo, conviene mantener el fruto, a temperatura ambiente, entre 12 y 24 horas antes de su paso por la línea de empaque; así se completa la evolución de la coloración y se reduce la sensibilidad de la cáscara a los golpes o fricciones, propios de aquélla.

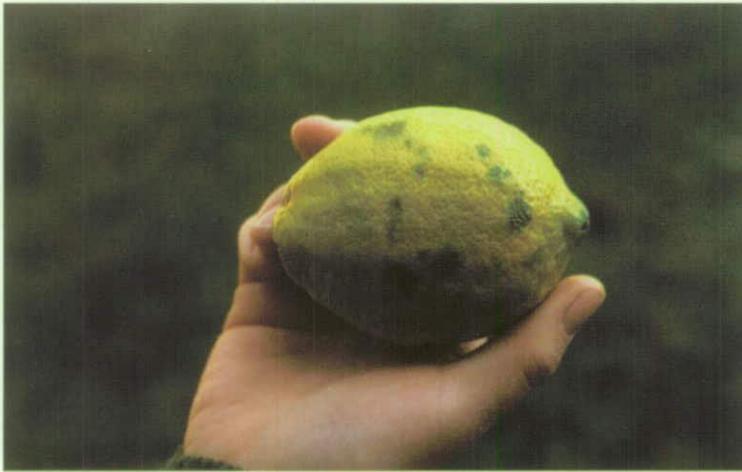


Figura 212. Oleocellosis en un limón después del desverdeo.

Capítulo 24

INDUSTRIALIZACIÓN

Los productos que puede generar el procesamiento industrial del limón son variados. Los más importantes son el aceite esencial, el jugo y la cáscara deshidratada.

Aceite esencial

Constituye un importante producto, utilizado en la elaboración de bebidas gaseosas, además de otros destinos.

Se extrae del “flavedo” (epicarpio) del fruto, mediante un equipo que va rallando finamente la cáscara del fruto en su capa exterior. El “aserrín”, así extraído, se recibe y transporta en agua, con la cual el aceite forma una emulsión. Esta mezcla pasa a una máquina que separa las partículas sólidas. La emulsión, entonces, es centrifugada para eliminar gran parte del agua y, luego de un tratamiento enzimático, es nuevamente centrifugada para eliminar la totalidad del agua. El aceite puro, así obtenido, se descera y se envasa en contenedores de acero inoxidable (Figura 213).

En las plantas más modernas el aceite es extraído, prácticamente, sin “aserrín”, haciendo pasar los limones por unos rodillos que van erosionando el epicarpio del fruto (Figura 214).

Jugo

El principal producto es el jugo concentrado. El jugo es extraído en una máquina, junto con la pulpa y las semillas. Luego, pasa a otra máquina, donde se separa la pulpa gruesa con las semillas, y de allí es centrifugado, para regular la cantidad de pulpa fina deseada. El jugo, así obtenido, queda listo para ser concentrado en un evaporador. Luego, es congelado y comercializado, para ser utilizado reconstituido (Figura 215).

Figura 213. Aceite esencial de limón en su envase de acero inoxidable. Tucumán, Argentina.



Figura 214. Derecha: limón después de pasar por los rodillos abrasivos, para extracción de aceite esencial.



Existe también la posibilidad de producir jugo exprimido NFC (not from concentrate), el cual es extraído y envasado sin concentrar. Es un jugo de demanda creciente, pues tiene mejor sabor que el reconstituido, pero posee una vida útil limitada. Entonces, es una alternativa estacional, para un mercado consumidor cercano. Mayor duración se logra mediante la pasteurización o el congelado de este jugo fresco (Figura 216).

Cáscara deshidratada

La cáscara molida es lavada, escurrida y prensada, varias veces consecutivas, para eliminar los ácidos y azúcares. Luego, es prensada fuertemente, para eliminar parte del agua, y de allí pasa a un presecador y, posteriormente, al deshidratador, dejando la cáscara con un 10% de humedad, aproximadamente (Figura 217). El destino principal de la cáscara deshidratada es la extracción de pectina.

Las grandes plantas industriales modernas, como aquéllas ubicadas en la provincia de Tucumán, República de Argentina, contemplan la elaboración de los tres productos, aceite esencial, jugo y cáscara deshidratada, en forma consecutiva, a partir del limón que ingresa a la fábrica, obteniéndose un apro-

vechamiento integral del mismo. Este limón, principalmente de invierno y primavera, corresponde esencialmente a aquel que es supernumerario al mercado en fresco, interno y de exportación.

Al terminar este capítulo, es importante mencionar que el mercado de los productos industriales, también tiene restricciones en relación a posibles residuos de productos químicos de pre y postcosecha. Especial cuidado se debe tener en esta materia, cada vez más restrictiva y variable, tanto en el tiempo como en los países de destino.



Figura 215. Jugo de limón, concentrado y congelado. Tucumán, Argentina.

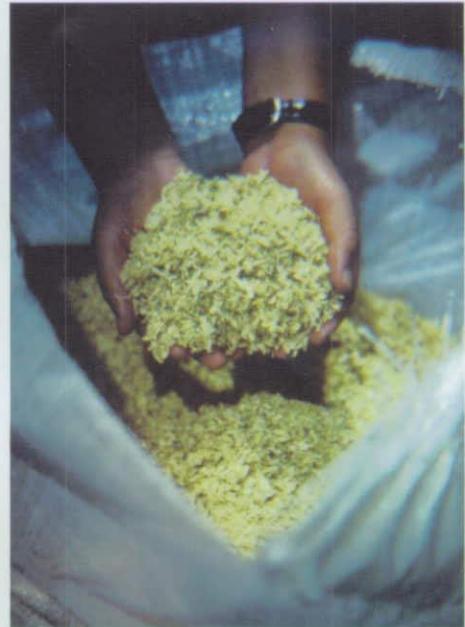


Figura 217. Cáscara deshidratada de limón.



Figura 216. Jugo exprimido de limones frescos, congelado.

BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M. 2000. Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 416 p.

Allamand, M. y P. Ossa. 2003. Análisis del presente y futuro de la citricultura chilena. Asociación de Exportadores de Chile. Ciclo de Seminarios Frutícolas de Actualización Técnico Comercial. Cítricos. Viña del Mar, Chile. 20 de mayo.

Arpaia, M.L. 1999. Tecnología de cosecha y postcosecha. Avances en Citricultura: Manejo de Huertos y Postcosecha. pp. 97-108. En: Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Colección de Extensión.

Besoain, X. 1999. Control de enfermedades en el huerto. Avances en Citricultura: Manejo de Huertos y Postcosecha. pp. 109-119. En: Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Colección de Extensión.

Besoain, X. 2003. Descripción de las principales enfermedades en limones, naranjas y mandarinas. Impacto y avances en la citricultura chilena. Asociación de Exportadores de Chile. Ciclo de Seminarios Frutícolas de Actualización Técnico Comercial. Cítricos. Viña del Mar, Chile. 20 de mayo.

Castro, M. 1996. Propagación de cítricos. Seminario "Avances en Citricultura: Nuevas Variedades, Portainjertos y Establecimiento de Huertos". Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 20 - 21 agosto.

CIREN y ODEPA (Chile). Catastro frutícola, principales resultados Región Metropolitana. Noviembre, 2004. 48 p.

Coletto, J. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Agroguías Mundi-Prensa. Ediciones Mundi-Prensa, España. 168 p.

Cuquerella, J. 2003. Principales manejos de postcosecha para cítricos de exportación. Asociación de Exportadores de Chile. Ciclo de Seminarios Frutícolas de Actualización Técnico Comercial. Cítricos. Viña del Mar, Chile. 20 de mayo.

Charlín, R. 2004. Detección y monitoreo (muestreo) de las plagas más importantes en huertos de cítricos. 1ª Parte; Revista Aconex (Chile) 83: 5-12. 2ª Parte; Revista Aconex (Chile) 84: 11-18.

Davies, F. and L. G. Albrigo. 1994. Citrus. Crop Production Science in Horticulture. CAB International. Wallingford, UK. 254 p.

Domínguez, A. 1993. Fertirrigación. Edic. Mundi – Prensa. Barcelona, España. 217 p.

Fichet, T. 1996. Variedades de limonero. Seminario “Avances en Citricultura: Nuevas Variedades, Portainjertos y Establecimiento de Huertos”. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 20 - 21 agosto.

Foguet, J.; J. González; H. Vinciguerra y A. Blanco. 1996. Trifoliata Flying Dragon como portainjerto semi-enanizante para limoneros en Tucumán. EEAOC-Avance Agroindustrial, Diciembre. Argentina. p. 10-12.

Gardiazábal, F. 1997. Consideraciones para la elección de patrones en cítricos. Seminario Internacional de Cítricos; Fundación Chile, FEDEFRUTA, octubre, 1997. Santiago, Chile.

González, H. 1987. El nematodo de los citrus (*Tylenchulus semipenetrans*) y la importancia de su estudio en Chile. Revista Aconex (Chile) 17: 5-8.

González, R. 1997. Principales insectos y ácaros que afectan a los cítricos en Chile. Seminario Internacional de Cítricos; Fundación Chile, FEDEFRUTA, octubre, 1997. Santiago, Chile.

González, R. 2002. Degradación de residuos de plaguicidas en huertos frutales. Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas N°4. 163 p.

Gurovich, L. 2001. Riego. pp. 139-172. En: Agenda del Salitre. SQM, SOQUIMICH Comercial. Santiago, Chile. 1.515 p.

Haro, M. (Ed.). 1996. Manual de producción de limón. Secretaría de Agricultura Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Tucumán – Santiago del Estero, Argentina. Serie A N°2. 237 p.

Magdahl, C. 2001. Cítricos. pp. 871-885. En: Agenda del Salitre. SQM, SOQUIMICH Comercial. Santiago, Chile. 1.515 p.

Mex, D. 1992. Aproximación al ciclo fenológico de cuatro variedades de limonero y cuatro variedades de naranjo en la provincia de Quillota, V Región. Tesis Ing. Agronómica, Facultad de Agronomía, Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. 182 p.

Müller, V. 1993. Aproximación al ciclo fenológico de cuatro variedades de limonero. Caracterización de la fruta de cuatro variedades de limonero y efecto de tres portainjertos sobre la fruta de limonero en la provincia

de Quillota, V Región. Tesis Ing. Agronómica, Facultad de Agronomía, Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. 112 p.

O'Hare, P. 1994. Growing papaws un South Queensland. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. Information Series RQN 92005. 41 p.

Ortúzar, J. 1996. Portainjertos para naranjo, limonero, mandarino y pomelo. Seminario "Avances en Citricultura: Nuevas Variedades, Portainjertos y Establecimiento de Huertos". Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 20 - 21 agosto.

Ortúzar, J. 1997. Consideraciones para la elección de variedades de naranjos, mandarinas y limones. Seminario Internacional de Cítricos; Fundación Chile, FEDEFruta, octubre, 1997. Santiago, Chile.

Owen-Turner, J. 1995. Growing citrus in Queensland. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. Information Series QI95009. 44 p.

Pizarro, F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia. Edic. Mundi-Prensa. Madrid, España. 471 p.

Ramos, R. 1997. Nota de viaje: visita a España para conocer el sistema de hidroponía abierta aplicada a plantaciones frutales. Revista Aconex (Chile) 56:22-25.

Razeto, B. 1987. Desórdenes fisiológicos en frutos cítricos. Revista Aconex (Chile) 17: 13-17.

Razeto, B. 1987. Producción de limones en verano. Revista Aconex (Chile) 16: 32 - 33.

Razeto, B. 1989. Plantación de cítricos en alta densidad. Revista Aconex (Chile) 24: 11-13.

Razeto, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales, deficiencias y excesos. SQM, SOQUIMICH. Santiago, Chile. 105 p.

Razeto, B. 1996. Distancias de plantación. Seminario "Avances en Citricultura: Nuevas Variedades, Portainjertos y Establecimiento de Huertos". Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 20 - 21 agosto.

Razeto, B. 1997. Manejo y productividad de los huertos de limonero en Chile. Seminario Internacional de Cítricos; Fundación Chile, FEDEFruta, octubre, 1997. Santiago, Chile.

Razeto, B. 1999. Para entender la fruticultura. Santiago, Chile. 373 p.

Razeto, B. 2000. La peteca del limón y su relación con el clima. Revista Aconex (Chile) 66: 23-24.

Razeto, B. 2001. La plantación de frutales en cerros. *Revista Aconex (Chile)* 73: 9-11.

Razeto, B. 2002. Los daños que puede causar una helada. *Revista Aconex (Chile)* 75:10-13.

Razeto, B. 2002. La fenología del limonero para efectos prácticos. *Revista Aconex (Chile)* 77:10-15.

Razeto, B. 2003. Manejo estratégico y racional de la nutrición de cultivos frutales. Determinación de las necesidades reales de los cultivos. Suplemento Extraordinario. *Revista Fruticultura Profesional (España)* 139: 27-40.

Razeto, B. y J. Longueira. 1987. Inducción de floración otoñal en limonero mediante déficit hídrico y remoción de frutos. *Agricultura Técnica (Chile)* 47 (1): 71-74.

Razeto, B., J. Longueira; S. Rojas y G. Reginato. 1988. Corrección de las deficiencias de manganeso y cinc en naranjo. *Agricultura Técnica (Chile)* 48 (4): 347-352.

Razeto, B. and A. Villavicencio. 1996. Growth and properties of lemon fruit according to the season of fruit set. *Proc. Int. Soc. Citriculture, Vol. 2:* 994-996.

Reuther, W.; H. Webber and L. Batchelor (Eds.). 1967. The citrus industry, Volume I. University of California, Division of Agricultural Sciences. USA. 611 p.

Reuther, W.; L. Batchelor and H. Webber (Eds.). 1968. The citrus industry, Volume II. University of California, Division of Agricultural Sciences. USA. 398 p.

Reuther, W (Ed.). 1973. The citrus industry, Volume III. University of California, Division of Agricultural Sciences. USA. 528 p.

Rodríguez, F. y R. Ripa. 1999. Manejo integrado de plagas de cítricos. pp. 120-130. En: *Avances en Citricultura: Manejo de Huertos y Postcosecha.* Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Colección de Extensión.

Román, S (Ed.). 2001. *Agenda del salitre.* SQM, SOQUIMICH Comercial. Santiago, Chile. 1515 p.

Román, S. 2001. *Libro azul, manual básico de fertirriego.* SOQUIMICH Comercial. Santiago, Chile. 177 p.

Sánchez, L. 1997. Las principales enfermedades que afectan a los cítricos en Chile. Seminario Internacional de Cítricos; Fundación Chile, FEDEFruta, octubre, 1997. Santiago, Chile.

Sanewski, G. (Ed.). 1991. Custard apples cultivation and crop protection. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. Information Series Q190031. 103 p.

Saravia, J. 2003. Alternativas de industrialización y procesamiento para cítricos. Asociación de Exportadores de Chile. Ciclo de Seminarios Frutícolas de Actualización Técnico Comercial. Cítricos. Viña del Mar, Chile. 20 de mayo.

Saunt, J. 2000. Citrus varieties of the world. Sinclair International Limited. Norwich, England. 156 p.

Schultze, J. 2000. Influencia de la ubicación geográfica del huerto y del fruto en el árbol sobre el desarrollo de peteca y la calidad en limones. Memoria Ing. Agronómica. Santiago, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 72 p.

Sinclair, W. 1984. The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA. 946 p.

Soler, J. 1999. Reconocimiento de variedades de cítricos en campo. Serie Divulgación Técnica, Generalitat Valenciana, Concellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 187 p.

Spina, P. (Ed.). 1985. Trattato di agrumicoltura. EDAGRICOLE, Bologna, Italia. 542 p.

Timmer, L. and L. Duncan (Eds.). 1999. Citrus health management. APS Press, The American Phytopathological Society. Minnesota, USA. 197 p.

Vial, A.; B. Latorre y J. Ortúzar. 2004. Gomosis, pudrición del pie y de los frutos causada por *Phytophthora* spp. Revista Aconex (Chile) N°84: 5-9.

ISBN 956-299-702-2



9 789562 997027