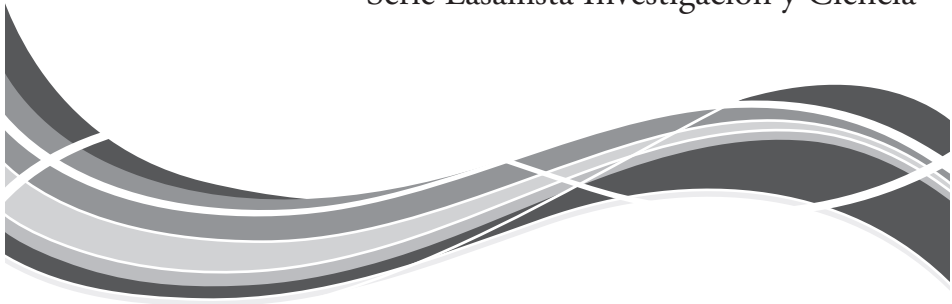




Citrus: Growing, Postharvest and Industrialization. Lasallian Research and Science Series

CÍTRICOS: CULTIVO, POSCOSECHA E INDUSTRIALIZACIÓN

Serie Lasallista Investigación y Ciencia



Financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y con la participación de Corpoica C.I. La Selva, la Universidad de Antioquia, Agrícolas Unidas y Emcoldi Ltda. En el marco del Programa de investigación y desarrollo tecnológico titulado **Generación de valor agregado en el marco de los acuerdos de competitividad de la cadena cítrica colombiana.**

634.3

C890 Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización. Caldas: Corporación
Universitaria Lasallista, 2012.
367 p. : il. (Serie Lasallista Investigación y Ciencia).

ISBN: 978-958-8406-17-6

Derechos reservados conforme a la ley

1. CITRICOS – 2. CULTIVO – 3. PLAGA – 4. AGROINDUSTRIA

©De los capítulos: las opiniones, conceptos, tablas, gráficas,
ilustraciones y fotografías que hacen parte de cada uno de
los capítulos, son responsabilidad exclusiva de los autores.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Juan Camilo Restrepo Salazar, Ministro.

Corpoica

Juan Lucas Restrepo Ibiza, Director Ejecutivo.

Rubén Alfredo Valencia Ramírez, Director de Investigación y Transferencia Tecnológica.

Universidad de Antioquia

Alberto Uribe Correa, Rector.

Corporación Universitaria Lasallista

J. Eduardo Murillo Bocanegra, Ph.D., Rector.

Editor / Editor

Luis Fernando Garcés Giraldo, DSc., Corporación Universitaria Lasallista

Editora académica / Academic editor

Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Ph.D. Corpoica.

Comité Editorial / Editorial Board

Alejandra Salvador Pérez, Ph.D. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). España.

Lluis Palou Vall, Ph.D. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). España.

Amílcar Manuel Marreiros Duarte, Ph.D. Universidade do Algarve. Portugal.

Carla Nunes, Ph.D. Universidade do Algarve. Portugal.

Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Colombia.

César Cardona, Ph.D. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Colombia.

Pedro Francisco Aguilar Niño, Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

Edison Javier Osorio Durango, Ph.D. Universidad de Antioquia. Colombia.

Julián Alberto Londoño Londoño, Ph.D. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.

Luis Fernando Garcés Giraldo, DSc. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.

Margarita María Jaramillo Zapara, Mg. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.

Correctora de texto / Proofreader

Lorenza Correa Restrepo

Traductor /Translator

Juan David Tous Ramírez

Apoyo Editorial / Editorial assistance

Jovany Arley Sepúlveda Aguirre

Diagramación e impresión / Layout and printing

Editorial Artes y Letras S.A.S.

e-mail: artesyletras@une.net.co

PBX (57-4) 372 77 16

Itagüí, Colombia

Fecha de edición: 30 de abril de 2012

Edición 300 ejemplares

Tabla de contenido

Table of contents

PRÓLOGO / FOREWORD

5 *Edison Javier Osorio Durango*

Capítulo 1 / Chapter 1

Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia:
limitantes y perspectivas

Current situation of the citrus's production chain in Colombia:
limitations and perspectives

7 *Pedro F. Aguilar Niño, Manuel José Escobar Quijano, Catarina Pedro Pássaro Carvalho*

Capítulo 2 / Chapter 2

Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas
para su cultivo en Colombia

Overview to citrus and agronomic recommendations
for cultivating these products in Colombia

49 *Javier Orlando Orduz-Rodríguez, Diana M. Mateus Cagua*

Capítulo 3 / Chapter 3

Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos

Physiology of citrus' flowering and fruiting

89 *Alexander Rebolledo Roa*

Capítulo 4 / Chapter 4

La Ecofisiología de los Cítricos en el Trópico:
El Caso del Piedemonte Llanero de Colombia

Citrus' ecophysiology in the tropic:

The case of Colombian plain region's foothill.

107 *Javier Orlando Ordúz - Rodríguez*

- Capítulo 5 / Chapter 5
Insectos de los cítricos
Insects of citrus
129 *Guillermo León M.*
-
- Capítulo 6 / Chapter 6
Ácaros que afectan la calidad del fruto de los cítricos en Colombia
Mites that affect the fruit's quality in Colombian citrus
163 *Nora Cristina Mesa Cobo, Isaura Viviana Rodríguez Torres*
-
- Capítulo 7 / Chapter 7
Los insectos escama asociados a los cítricos, con énfasis en *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Ortheziidae)
The scale insects associated with citrus, with emphasis on *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Ortheziidae)
173 *Demian Takumasa Kondo, Ana Lucia Peronti, Ferenc Kozár Éva Szita*
-
- Capítulo 8 / Chapter 8
La normativa y los estándares de calidad como garantía de competitividad
Regulation and quality standards as a competitiveness guarantee
191 *Sandra Milena Vásquez Mejía, Claudio Jiménez Cartagena*
-
- Capítulo 9 / Chapter 9
Poscosecha
Postharvest
223 *Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Pilar Navarro, Alejandra Salvador*
-
- Capítulo 10 / Chapter 10
Control de enfermedades de poscosecha
Postharvest diseases control
285 *Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Carla Nunes, Lluís Palou*
-
- Capítulo 11 / Chapter 11
Industrialización de cítricos y valor agregado
Citrus' industrialization and added value
307 *Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Julián Alberto Londoño Londoño*
-
- Capítulo 12 / Chapter 12
Aprovechamiento de los subproductos citrícolas
The use of citrus' sub products
Julián Alberto Londoño Londoño, Rafael Álvarez, Jelver Sierra,
343 *Ana María Restrepo Duque, Catarina Pedro Pássaro Carvalho*
-

Prólogo

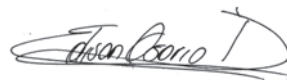
Foreword

Desde el punto de vista geográfico-regional, diferentes zonas de Colombia han tenido un gran desarrollo en los últimos años en el cultivo de cítricos como parte de la política diversificadora de cultivos tradicionales. Esto se ha logrado gracias, entre otros aspectos, a las ventajas comparativas del trópico: luminosidad, pluviosidad, temperaturas y horas de luz, además de excelentes condiciones agroecológicas y de suelos, que posibilitan altos rendimientos por hectárea, inclusive mayores en comparación con otras zonas del mundo, que se caracterizan por el cultivo citrícola. Sin embargo, a pesar de las ventajas comparativas que ofrecen muchas regiones del país, existen aún algunos factores que limitan la competitividad del sector, los cuales están representados fundamentalmente en la falta de escalas comerciales significativas, la alta dispersión geográfica de la producción, y la falta de gestión empresarial y de desarrollo tecnológico. Además, el eslabón de poscosecha puede presentar problemas profundos en el desarrollo citrícola, explicado por deficiente selección, clasificación y almacenamiento; baja calidad externa del fruto; insuficiente tecnología disponible para mejorar presentación, así como abundancia en desechos y pérdidas.

En este sentido, y como parte de una apuesta al desarrollo de la cadena citrícola en Colombia, desde hace 4 años, el Grupo de Investigación en Sustancias Bioactivas de la Universidad de Antioquia, en asocio con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y con C. I. Agrícolas Unidas S. A., vienen trabajando en el programa de investigación: Generación de valor agregado en el marco de los acuerdos de competitividad

de la cadena citrícola colombiana, con el objeto de aportar innovaciones a nuestra agricultura. Para transmitir los resultados del programa, se ha elaborado un importante esfuerzo de divulgación en el sector citrícola a través de la organización de conferencias, programas académicos en cítricos, participación en congresos y publicación de los resultados más importantes. No obstante, con el propósito de aportar un poco más al desarrollo de la cadena citrícola, se presenta el libro *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. El objetivo principal de este documento es orientar al sector en los diferentes eslabones de la cadena: cultivo, poscosecha e industria y entregarle herramientas para mejorar la competitividad del sector.

Los autores de la obra forman un grupo reconocido de investigadores, en el que se conjuga una extensa experiencia profesional con una formación actual en el tema citrícola. Esto constituye una premisa fundamental para convertir el libro *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* en un instrumento práctico de consulta y amplia aplicabilidad.



Edison Javier Osorio Durango
Profesor Facultad de Química Farmacéutica
Grupo de Investigación en Sustancias Bioactivas - GISB
Universidad de Antioquia

Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas

Pedro Aguilar Niño*

Manuel José Escobar Quijano**

Catarina Pedro Pássaro Carvalho***

Resumen

En el presente capítulo se muestra el panorama actual de los cítricos en Colombia, haciendo un breve análisis de las tendencias recientes del sector cítrico en el mercado internacional y nacional; se identifican los principales problemas limitantes del desarrollo y competitividad de la cadena, y se presentan los acuerdos de competitividad, así como el Plan de Acción Nacional de la Cadena de Cítricos de Colombia.

Palabras clave: Cítricos, exportación, competitividad

Current situation of the citrus's production chain in Colombia: limitations and perspectives

Abstract

This chapter shows the current outlook of citrus' production in Colombia, making a brief analysis of the sector's most recent trends in international and national markets. The most important problems that limit the development and competitiveness of the citrus' production chain are described, and so are the competitiveness agreements and the Plan de Acción Nacional de la Cadena de Cítricos de Colombia (Colombian National Citrus Chain's Action Plan).

Key words: Citrus, exports, competitiveness

* Exportador y profesor Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá -Colombia.

** Secretario Técnico Consejo Nacional Citrícola.

*** Corporación de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia – Colombia.

Correspondencia:
cpassaro@gmail.com

Introducción

El presente documento, recoge una serie de datos y conceptos sobre la actual situación productiva (consumo interno y comercio internacional) de los productos cítricos colombianos y su posición frente a los países productores y exportadores, competidores nuestros en el mercado mundial.

Del análisis de la información suministrada se puede pensar que Colombia, al igual que ocurre con la gran mayoría de los productos hortofrutícolas, ha dejado pasar inmensas oportunidades y no ha aprovechado su riqueza natural de suelos, climas, ausencia de estaciones, entre otras ventajas disponibles, que le hubieren permitido un posicionamiento importante en este sector a nivel mundial, y generar riqueza y empleo para los colombianos, y en particular para los campesinos colombianos.

La participación del país en el negocio y la industria cítrica, tanto en fresco como en productos procesados, en el contexto mundial es prácticamente inexistente, y lamentablemente estamos muy atrás de países similares al nuestro, algunos con inferiores posibilidades de desarrollo de este sector, pero importantes hoy en la producción cítrica del continente. Obviamente estamos muy lejos de Brasil, pero lamentablemente cada día más lejos de países como Perú y Ecuador, solo para mencionar estos dos compañeros de negociación con Estados Unidos.

Las regiones productoras de cítricos en Colombia se encuentran en una etapa muy incipiente de desarrollo que limita la posibilidad de competir con otros orígenes en América Latina. El país posee condiciones propicias para el establecimiento de una industria competitiva pero tiene una limitada capacidad de generación de volumen constante, de ofrecer las variedades requeridas por el mercado y de brindar una oferta de fruta con calidad. Por el contrario el desarrollo, evolución y crecimiento del mercado interno colombiano está permitiendo que la oferta cítrica de países vecinos vea a Colombia como un importante mercado de destino para su producción exportadora.

Visión de la cadena de cítricos en Colombia

Colombia es un actor marginal como productor de cítricos en el mundo, aunque su participación muestra una dinámica interesante en el contexto internacional. El comercio mundial de cítricos en fresco es bajo como proporción de la producción, revelando un alto consumo interno en los países productores, al igual que de procesamiento agroindustrial que se destina para abastecer tanto la demanda interna como la de los mercados internacionales de cítricos procesados.

Aunque el renglón citrícola ha ganado en forma dinámica participación en el sector agrícola total colombiano, las importaciones totales de la cadena han crecido en forma acelerada, mientras que las exportaciones decrecen, manteniendo la balanza comercial de este renglón en forma deficitaria.

De hecho, a pesar de las ventajas comparativas que ofrecen muchas regiones del país para el desarrollo citrícola, existen aún algunos factores que limitan la competitividad del sector, tales como la falta de escalas comerciales significativas (generación de volumen de oferta constante), la alta dispersión geográfica de la producción, la falta de gestión empresarial y un pobre desarrollo tecnológico. Igualmente, el país enfrenta problemas para incursionar en los mercados externos debido a que, entre otros factores, no se cuenta con las variedades ni calidades adecuadas, no hay continuidad en la oferta exportable e igualmente se deben superar problemas de empaque y presentaciones, así como barreras técnicas y fitosanitarias.

De otro lado, la agroindustria nacional de cítricos muestra un significativo, aunque muy pequeño desarrollo en los últimos años. No obstante la expansión del mercado de procesados de frutas, especialmente de la industria de zumos que ha tenido un gran dinamismo en los últimos años, el sector en Colombia enfrenta problemas con el suministro de materia prima que no se ajusta a sus requerimientos, ni en calidad, ni en precios, y que además enfrenta problemas de localización, supliéndose en gran parte con materia prima importada.

Las principales debilidades que enfrenta la cadena son la falta de escalas comerciales significativas y la alta dispersión en la producción, el bajo grado de asociatividad entre los productores y la falta de cultura agro empresarial que limita su acceso al crédito y a la asistencia técnica, y además restringe su capacidad de maniobra frente a otros actores; existe poco grado de integración entre la industria y la agricultura; no hay disponibilidad de material vegetal certificado; falta investigación y transferencia de tecnología en la fase agrícola y agroindustrial, así como la implementación de campañas de prevención de plagas y enfermedades.

El desarrollo futuro del sector está en la especialización de la oferta regional siguiendo el patrón de ventajas comparativas y competitivas a manera de clusters, para así desarrollar nichos productivos con vocación exportadora. De igual forma, el desarrollo de la capacidad exportadora será fundamental para el sector y solo se dará sobre la base de un complejo agroindustrial organizado y una estructura empresarial eficiente.

Panorama actual

Cítricos

Los cítricos son cultivos permanentes y en general tienen alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, facilitando su cultivo en un gran número de países, aunque las regiones productoras por excelencia han sido localizadas en el continente americano y en el occidente del continente europeo¹.

La importancia de estas frutas radica en su alto contenido de antioxidantes, sustancias capaces de bloquear el daño de los radicales libres (como la contaminación, el tabaco, entre otros), evitar el envejecimiento prematuro del organismo y prevenir enfermedades crónicas y degenerativas como el cáncer. De la misma forma, se destacan por su aporte de vitamina C, la cual no es almacenada por el cuerpo, así, que es necesario obtenerla a través del consumo diario de este tipo de frutas. Esta vitamina hidrosoluble favorece la reparación de los tejidos, promueve la cicatrización, fortalece los vasos sanguíneos y mantiene huesos, encías y dientes sanos. Son excelentes aliadas del sistema respiratorio, porque aumentan las defensas, alivian las molestias de resfriados, gripes, dolor de garganta y muscular, y tienen acción antiviral y antibacteriana. La fibra es otro nutriente presente en los cítricos; ésta, limpia el tracto digestivo, desecha grasas y toxinas, y brinda sensación de saciedad, contribuyendo a comer menos y evitar subir de peso².

El renglón de los cítricos es de un gran dinamismo a nivel mundial, no solamente para sus productos frescos sino igual para los procesados industrialmente. La demanda mundial es muy importante, con unos proveedores como Brasil, Estados Unidos y España, que sobresalen ampliamente sobre los demás países productores. En general en nuestro país las “Regiones Productoras”, no tienen registros de producción, y mucho menos generación de exportaciones, que lo destaquen en este renglón; a nivel nacional nuestras regiones son pobres en participación; no obstante poseer muchas de las condiciones requeridas para la producción en condiciones competitivas.

Situación Mundial

Los países del hemisferio Norte son los mayores productores de cítricos, con el 58% de la producción mundial, siendo el restante proveniente de los países del hemisferio Sur, donde el grueso de la producción se concentra en 5 países³. La producción de cítricos en 2010 fue liderada por China, Brasil y Estados Unidos. Brasil y Estados Unidos siguen siendo las dos más grandes regiones procesadoras de naranja en el mundo⁴. China es el mayor productor a nivel mundial de mandarinas y clementinas, seguido a larga distancia por España. India, México y Argentina son los mayores productores de limón y lima⁵.

La producción y consumo mundial de cítricos ha pasado por un período de enorme crecimiento, a partir de la segunda mitad de los ochenta. La producción de naranjas, tangerinas, limones y limas se ha expandido rápidamente. Niveles más altos de producción han permitido a su vez mayores niveles de consumo total y por cápita de cítricos. Incluso ha sido posible que un crecimiento más rápido en el área de productos cítricos procesados tuviera lugar, gracias a las mejoras en el transporte y empaque, donde se han reducido los costos y mejorado la calidad.

No obstante, una rápida expansión de la productividad, el crecimiento más lento de la demanda por algunos productos cítricos han resultado en precios más bajos tanto para los productos frescos como para los procesados, especialmente a nivel del productor. Como resultado de ello, se ha reducido la siembra de nuevas plántulas o semilleros. Por lo tanto, se prevé que los porcentajes de crecimiento de la producción y del consumo proyectados para los próximos diez años serán más bajos que los de la década pasada.

En un informe sobre el comercio de cítricos, la Secretaria de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima que el comercio mundial de cítricos crecerá un 7% el 2011. La producción global de naranjas para la campaña 2010/2011 ascenderá a 51,4 millones de toneladas, en tanto que el comercio mundial moverá casi 4 millones de toneladas.

Con respecto del sector del zumo de naranja, este avanza con una producción global de 2,2 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 12% respecto de la anterior campaña.

Las exportaciones procedentes de Brasil -primer productor de zumo de naranja del mundo- se incrementarán un 5% esta temporada, mientras que en EEUU subirán un 8%. Estos ascensos, según el USDA, se deben principalmente a la fuerte demanda del área de países de la Unión Europea, en donde la demanda del consumo moderno está más orientada al zumo de naranja envasado que al fresco.

En la UE, según resalta el informe, el zumo de naranja es la bebida más popular dentro del segmento general de zumos y de bebidas no alcohólicas^{3,4}.

En cuanto a las previsiones para mandarinas, apunta que la producción mundial prevista es de 20,3 millones de toneladas, un 14% inferior a la de la anterior campaña, lo que se explica en los descensos de aforos en China y en Corea del Sur. El comercio de mandarinas, por su parte, se elevará a 2,1 millones de toneladas, un 3% más que en la temporada anterior, y las exportaciones de la UE se incrementarán debido a la mayor cantidad de fruta y a la fuerte demanda rusa.

Además, la producción estadounidense también se mantendrá al alza impulsada por la demanda firme de su mercado interno y por la dinámica de sus exportaciones, especialmente a Canadá y Japón

Para el USDA, la característica de “fáciles de pelar” (categoría comercial de “easy peelers”) de las diversas variedades de mandarinas disponibles en el comercio se ajustan mejor a los hábitos modernos de consumo.

Respecto de la evolución durante la campaña de la producción de pomelo, este organismo señala que la producción global será de 5,2 millones de toneladas, un 5% inferior a la de la temporada anterior, debido al descenso de la cosecha en China. El comercio mundial durante la campaña 2010/2011 se estima en 865.000 toneladas, impulsado por la fortaleza de la demanda de este cítrico en la UE, Japón y Rusia.

Sobre las perspectivas para el cultivo y comercio del limón, el USDA apunta que la producción mundial será de 6,3 millones de toneladas, un 7% más que en la anterior temporada, con la Argentina y Estados Unidos como principales países⁶.

En la **tabla 1** se muestran los precios alcanzados en el mercado de Estados Unidos de las diferentes especies de cítricos para el mes de noviembre de 2011, donde se puede observar que las especies más cotizadas en este mercado son el pomelo, las mandarinas y la naranja. En el caso particular de las limas, el precio a nivel detallista es igualmente importante ya que sobrepasa US\$1 por libra, cítrico que representa verdaderas oportunidades comerciales para Colombia en el corto plazo al ser el único cítrico de Colombia admisible al mercado USA sin tratamiento cuarentenario⁷.

Tabla 1. Precios de venta al por menor en Estados Unidos para cítricos en 2011.

Especie / Variedad	Precio (USD\$ / libra)
Naranja 'Navel'	0,95
Naranja 'Valencia'	0,79-1,38
Mandarina	1,28
Pomelo	1,57-2,27
Limón	0,69
Lima	0,24 (precio de la unidad)

Fuente: United States Department of Agriculture
- Agricultural Marketing Service⁸

En Francia se registraron en la campaña de 2007-2008 precios de importación para cítricos en fresco de 0,72 euros / Kg para naranjas, 0,95 euros / Kg para clementinas, 0,84 euros / Kg para pomelo, y 1,35 euros / Kg para limón; siendo el limón y las clementinas las especies más cotizadas. El limón gozó de un aumento del 68% en esta campaña, mientras que para las demás especies el precio promedio se ha mantenido más o menos estable desde el año 2000 (0,84 euros / Kg para pomelo; 0,67 euros / Kg para limón; 0,81 euros / Kg para clementinas; 0,62 euros / Kg para naranjas)⁹.

Holanda ofrece buenas oportunidades para los proveedores de limas frescas. Es el más grande centro de comercio e importador directo de los países en desarrollo (PD) en la Unión Europea. El mercado holandés de limas representa el 38% del volumen total de importaciones de la U.E, y el 68% del volumen de importaciones de los PD. Los principales países abastecedores del mercado europeo de limas son Brasil (71%) y Méjico (26%).

Las épocas más importantes de comercialización de lima en Europa son mayo-septiembre y diciembre.

Las importaciones de esta fruta crecieron el 13% entre 2004 y 2009. En 2009 se importó 50 mil toneladas de limas, o sea 41 millones de euros, siendo el 95,1% de este volumen proveniente de los PD. Solo en 2008, en Holanda se consumieron 37 mil toneladas de limones y limas frescas, ocupando el puesto siete en Europa representado por el 0,3% del consumo total de U.E., por debajo de Portugal que representa el 1,0% del consumo. El consumo en Europa de esta fruta creció el 28% por año entre 2004 y 2008¹⁰.

Las limas son frutos cítricos ácidos que difieren de las otras variedades de cítricos, dado que por lo general no se consumen de forma directa. En Holanda se consumen principalmente en asociación con otros alimentos y para dar sabor extra o en bebidas. Su cáscara rallada también se utiliza para aromatizantes.

Se espera que el consumo y la importación de limas crezca en los próximos años, sobretodo debido a dos razones: los beneficios de salud de las limas (por ejemplo, pérdida de peso, cuidado de la piel, una buena digestión, entre otros) son cada vez más conocido en Holanda y una mayor demanda de bebidas a base de limas.

La sostenibilidad se ha convertido en un tema importante para el mercado de limas. Las limas orgánicas o de mercados justos ("Fair trade") cada vez se venden mas en los mercados minoristas. Por ejemplo, las limas orgánicas mejicanas Don Limon han sido introducidas recientemente en el mercado holandés. Esta marca de limas que se comercializa como complemento para

bebidas alcohólicas podría despegar en el negocio de catering holandés. Para más información consultar la web: <http://www.don-limon.de>

El precio FOT de la lima ‘Tahiti’ en Rotterdam paso de 4,86 euros / 4 Kg Categ. I en 2006 a 5,61 en 2010, lo que demuestra lo interesante que puede ser este producto para Colombia¹⁰.

Holanda esta entre los países mas dispuestos a pagar por limas orgánicas certificadas. Las limas orgánicas pueden comercializarse a precios un 10-30% superiores a las limas convencionales (**tabla 2**). Hay una tendencia en el mercado hacia las limas certificadas en comercio justo así como orgánicas, estando el consumidor dispuesto a pagar un plus por ello.

Tabla 2. Precios para el mercado justo de limas 2010.

Tipo de lima	País	Precio por min. / Kg (USD\$)
Convencional	Brasil	0,49
Convencional	Caribe	1,16
Orgánico	Caribe	1,51
Orgánico	Republica Dominicana	1,51
Convencional	Egipto	0,33
Orgánico	Egitpo	0,43

Fuente: Fairtrade Labelling Organisation citado por CBI¹⁰.

Los requerimientos no-legislativos son cada vez mas estrictos con respecto a las limas. Es muy importante que la empresa esté certificada en GlobalGAP y/o HACCP para abastecer cadenas de mayoristas, mientras que para el mercado minorista las exigencias no-legislativas no son tan altas, pero lógicamente hay que contar con las barreras legales. Resulta de particular importancia atender las políticas relacionadas con los límites máximos de residualidad (MRLs).

El comercio de limas no está dominado por grandes empresas multinacionales como lo es para otras frutas tropicales, como el banano o la piña; estando por lo tanto, más abierto a nuevos proveedores. Las limas son importados en Holanda en su mayoría por importadores independientes, algunos de estos especializados en frutas exóticas.

Los importadores especializados son los mejores socios de negocios para los exportadores de PD. Es más aconsejable para estos países buscar un im-

portador que abastece supermercados, mayoristas, fruterías o en el sector de la restauración, y que se ocupa en pequeñas cantidades y esta interesado en los nuevos proveedores.

Algunos de los compradores holandeses más importantes son:

- Roveg - <http://www.roveg.nl> – importante proveedor de diferentes frutos y vegetales, incluyendo limas.
- Nature's pride - <http://www.naturespride.eu> – importante importador de limas.
- The Greenery - <http://www.thegreenery.com/home> - importante importador de limas.
- Eosta - <http://www.eosta.com> – importador de limas con sello de comercio justo y orgánicas.

Aunque hay un gran número de jugadores activos en el mercado de las limas, también hay posibilidades en los segmentos del mercado más pequeños (étnicos). Las tiendas étnicas conviven junto a los grandes comerciantes y usan su propia comunidad para suministrar producto (a menudo productos diferentes o sin marca) directamente desde su país de origen; por ejemplo las comunidades Africanas, a menudo de ultramar. A pesar de que el mercado es más pequeño puede ser un canal comercial más fácil, ya que habrá menos barreras culturales entre los PD y el comprador de la UE.

En general, los cítricos en fresco siguen presentando precios muy superiores en el mercado con respecto a los cítricos procesados, siendo de destacar el precio de la mandarina en fresco con respecto a las demás especies (**tabla 3**).

Tabla 3. Precios de retorno en las empacadoras en Estados Unidos para cítricos en el periodo de 2010-2011.

Especie / Variedad	Precio por caja ¹ (USD\$)	
	Fresco	Procesado
Naranja 'Navel'	13,33	7,21
Naranja 'Valencia'	13,02	9,82
Mandarina	25,81	3,61
Pomelo	12,52	6,23
Tangelos	11,00	7,52

Fuente: USDA/National Agricultural Statistics Service¹¹.

¹En Estados Unidos se manejan cajas entre 80-95 libras, dependiendo de la especie. Precios de retorno en las empacadoras.

Con respecto a los procesados de cítricos, es interesante notar que mientras se observó una disminución promedio de la producción de zumo concentrado congelado para naranja (-8.4%) y pomelo (-4.7%) entre 2008 y 2011, para mandarina se observó un crecimiento promedio del 26.9% para este mismo producto¹¹.

En la **tabla 4** se exponen los precios alcanzados en Europa para los diferentes tipos de zumo de cítricos en 2008, donde podemos observar unos precios muy atractivos para el zumo de limón debido a la escasa producción de este producto en este continente. El mercado abastecedor de Europa en zumos está dominado por países suramericanos, donde Argentina, México y Brasil juegan un papel muy importante. Cabe destacar la importancia de las cotizaciones internacionales del concentrado de limas, precios que representan oportunidades de interés para la industria citrícola colombiana.

Tabla 4. Precios de zumo en Europa de diferentes orígenes en 2008.

	Tipo de zumo	Precio (USD\$/ton)	Origen
Naranja	Concentrado congelado, 66° Brix	1.700-1.800 fca dup EU	Brasil
	Zumo no concentrado (NFC – “no from concentrate”)	800 fca dup EU	Brasil
Pomelo	Concentrado congelado, 58° Brix, rojo	1.550 cif EU	Florida
	Concentrado congelado, 58° Brix, blanco	1.350-1.400 fca dup EU 1.600 cif EU	Cuba Florida
Limón	Concentrado congelado, 500 galones, 6% max. de pulpa	6.395 cfr EU	Argentina
Lima	Concentrado congelado, 400 galones, 4-6% de pulpa	2.575-2.800 cfr EU	México

Fuente: Market News Service for bulk-packed fruit juices – Europe¹².

Nota: fot: libre en el camión / **fca:** libre en el transportista / **cfr:** coste y flete / **dp:** impuestos pagados / **dup:** impuestos no pagados / **df:** libre de impuestos / **dl:** entregado en Europa.

Actualmente en Europa más de la mitad de las ventas de frutas y verduras se hace a través de los supermercados. En mercados como el Reino Unido es notoria la participación de multinacionales como Chiquita Brands, Dole, Agrexco, Fyffes y Del Monte, quienes interactúan con estrategia de

negocios globalizados, en ocasiones, directamente con los centros de compra de los minoristas o formando alianzas para compartir infraestructuras de producción, transporte y comercialización lo que permite mantener ventajas competitivas en calidad y precios.

En el Reino Unido los supermercados más importantes son Tesco, Sainsbury, Asda/Wal-Mart, Safeway, Somerfield. En Francia tenemos a Carrefour, Auchan, Leclerc, Intermaché, Systeme U y Casino. En Alemania, destacan Edeka, Rewe, Aldi, Metro, Markant y Wal Mart Los supermercados no realizan importaciones directas y delegan esta función a importadores especializados que son los que se encargaran incluso de sensibilizar a los abastecedores en los conceptos de las buenas prácticas – GlobalGAP, inocuidad y trazabilidad.

Se piensa que la rápida expansión de la producción mundial de la naranja irá frenando, debido a que actualmente Brasil está enfrentando dos problemas graves de enfermedades: el cancro cítrico (*Xanthomonas axonopodis*) y la clorosis variegada del cítrico (CVC, *Xylella fastidiosa*). Los citricultores están recibiendo un precio menor por las naranjas utilizadas para el procesamiento, lo que ha reducido el ritmo del cultivo de nuevas plantaciones. La Florida también está siendo amenazada por el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y el cancro cítrico.

Los bajos precios en la Florida han reducido también el número de nuevos cultivos. Los precios más bajos afectarán también a otros países productores del hemisferio occidental como México, Belice, Costa Rica, Argentina y Cuba. Estos países asignan una proporción de la producción de naranja para el procesamiento, que está dominado por Brasil (São Paulo) y Estados Unidos (Florida)¹³.

Las mandarinas difieren de las naranjas en que casi toda su producción va dirigida al mercado de frescos. Los mayores productores de mandarinas son China, España, Japón, seguidos por Brasil, Corea, Pakistán, Italia, Turquía, Egipto, Estados Unidos, Marruecos y Argentina. España ha tenido un éxito significativo en Europa, y más recientemente en los Estados Unidos, con las variedades de Clementina sin semilla.

España es responsable por el 50 por ciento de las exportaciones mundiales de mandarinas (sobretudo clementinas) frescas. Los otros exportadores son Marruecos y China. Marruecos tiene una industria muy desarrollada, y exporta exitosamente a Europa y a los Estados Unidos.

La mayoría de las mandarinas se consumen en el país de producción, por lo que los mayores consumidores son China, Japón, Pakistán y Egipto. La producción doméstica respalda significativamente el consumo en Argelia, Méxi-

co, Israel, Australia, Argentina, Paraguay, Bolivia, Chipre, Jordania, Líbano, Corea y los Estados Unidos. Los países de la Comunidad Europea, excluyendo a España, Italia, Grecia y Portugal, son los principales países importadores.

El hecho más interesante en el consumo de la mandarina fresca, son las variedades de Clementina sin semilla que se están cultivando actualmente en España y en Marruecos. El consumo de este producto en los Estados Unidos y Canadá aumentó drásticamente en los últimos cinco años. Su pequeño tamaño, además de las características de cáscara suelta, fácil de pelar y sin semilla, hace de esta una fruta muy apetecida para el consumo de los niños y de las personas mayores.

Se prevé que España mantendrá su papel dominante como exportador de mandarinas. El éxito de las variedades de Clementina le ayudará a retener esta posición. Marruecos es el segundo exportador en importancia de mandarinas frescas.

Las preocupaciones fitosanitarias han limitado la habilidad tanto de México como de Brasil, de iniciar la exportación de mandarinas frescas.

La zona de producción cítrica principal al este de México continúa con problemas debido a una plaga de la mosca de esta fruta. La reciente epidemia de cancro cítrico en Brasil restringirá los planes de los productores de expandir las exportaciones de mandarina y otras variedades de cítricos.

China también expandirá su producción y consumo interno de naranjas y mandarinas, lo que probablemente implique que China se convertirá en un destino clave para los cítricos procesados y frescos, destacándose oportunidades para el pomelo fresco.

Se vaticina que otros países productores de América Latina, como Argentina, México, Cuba, Belice y Costa Rica, continuarán aumentando su producción, aunque a un paso menos acelerado.

Con excepción de España, se prevé que otros países europeos continuarán experimentando pequeñas reducciones en la producción. En Asia también se prevé una expansión de la producción y consumo de cítricos, aunque el consumo estará cubierto por la producción doméstica. Muchos de estos países mantendrán altos aranceles sobre las importaciones de cítricos a fin de proteger sus propias industrias.

El aumento casi mínimo del consumo per cápita en las regiones de América del Sur, es el resultado de un crecimiento más lento de la producción doméstica, y de un pequeño incremento proyectado para el mayor abastecedor de productos procesados de naranja: Brasil¹³.

La mayor parte del aumento en el consumo tendrá lugar en los países productores de cítricos, como India, Pakistán, China, México y Brasil.

Brasil y México tienen la particularidad, igual que todos los países latinoamericanos que tradicionalmente producen naranja fresca, de consumir el zumo de naranja recién exprimido. En los últimos años, no obstante, los consumidores en Brasil y México han comenzado a comprar zumo de naranja listo para consumo. Esta tendencia continuará a medida que los ingresos de estos países permitan el cambio de una producción casera a la compra directa de zumo de naranja.

La lima y el limón se consumen en muchos países del mundo. La importación de éstos representa aproximadamente el 18 por ciento del consumo mundial. Además de los países desarrollados de América del Norte y de Europa, la lima y el limón también se consumen en Europa del Este, y en la antigua Yugoslavia, además de los países en desarrollo productores, como India, Irán, México, Brasil, Argentina, Bolivia, Perú y Jamaica. Los países del Cercano Oriente, incluyendo a Jordania, Chipre, Líbano y Egipto también cuentan con altos niveles de consumo per cápita¹³.

Situación Nacional

Producción

La geografía colombiana presenta condiciones favorables para el cultivo de los cítricos; las zonas productoras se encuentran ubicadas entre los 0 m y los 1600 m de altitud, con temperaturas medias de 23°C a 34°C, pluviosidades acumuladas anuales de 900 mm a 1200 mm y luminosidad mayor a 1900 horas de brillo solar anual. La producción de fruta es permanente, a través de todo el año, con épocas marcadas de concentración de la cosecha, según sea la distribución de la precipitación, unimodal o bimodal, características de la zona Andina¹⁴.

El cultivo de los cítricos tuvo una participación del 1.38% en la producción de cultivos permanentes en el año 2010. Tanto el área sembrada como la producción decrecieron entre 2007 y 2010 (**figura 1**), a una tasa anual promedio del -5.5 y -10.3%, respectivamente; y con un consecuente rendimiento de -4.8%¹⁵.

El mercado nacional de los diferentes cítricos muestra un desabastecimiento por cuenta de una menor producción generada por la ola invernal que venía sosteniendo el país desde el 2007, lo que ha conducido a la reducción de la producción, en las diferentes regiones productoras y citrícolas.

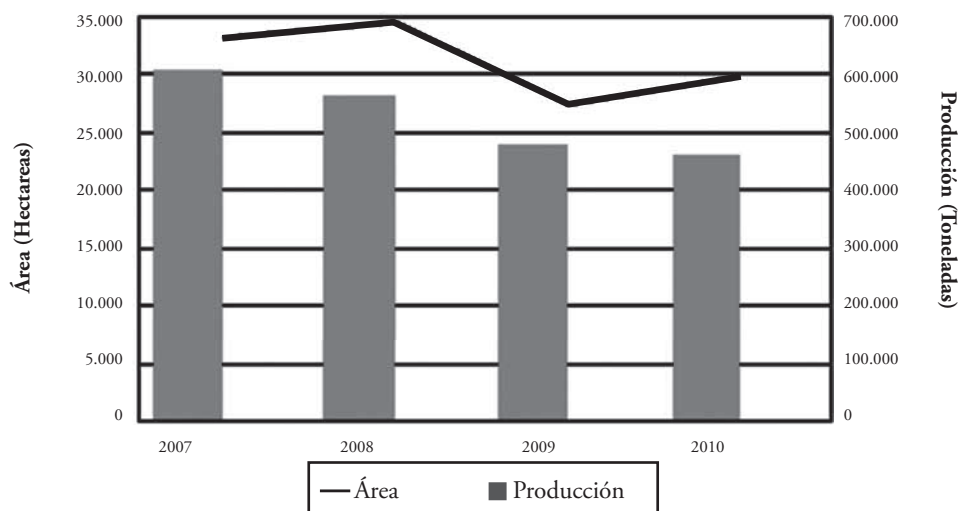


Figura 1. Producción y área cosechada de cítricos en Colombia 2007-2010.

Fuente: Agronet¹⁵.

Esta condición climática, trajo como consecuencia, una disminución considerable de las producciones de naranjas, mandarinas, limas ácidas y tangelos, entre otros, lo que afectó la disponibilidad de estas frutas en toda la cadena de intermediación. Esta disminución en la producción de cítricos, permitió la importación de varias toneladas, unas legales, y se presume que una importante cantidad de contrabando, desde Venezuela, Ecuador y de los Estados Unidos, particularmente. Dichas importaciones, , tienen un riesgo inminente de traer plagas y enfermedades que ponen en alto riesgo la citricultura nacional.

Según Orduz, *et al.*¹⁴, los cítricos son cultivados en 21 departamentos, que fueron agrupados en cuatro núcleos productivos en el Acuerdo de Competitividad de Cítricos:

- Centro-Oriente: conformado por Santander, Norte de Santander, Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila.
- Sur-Occidente: conformado por los departamentos del Eje Cafetero (Caldas, Risaralda y Quindío), Antioquia, Valle del Cauca y Nariño.
- Costa Atlántica: conformado por Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Sucre, Magdalena y La Guajira.
- Orinoquía: compuesto por Meta y Casanare.

En la **tabla 5** se muestra la composición de la producción nacional de cítricos por especie, donde podemos observar que esta está mayoritariamente compuesta por naranjas mandarinas y limas ácidas. Cabe resaltar la tasa promedio de crecimiento en producción para el periodo de 2007-2010 de toronja (70.3%), mandarinas (33.4%) y lima (19.7%). Para naranja el aumento fue más reducido (3.7%), tangelo ‘Mineola’ (-24.9%), tangelo ‘Orlando’ (-3.4%) incluso se verifica una disminución de la producción en los últimos años¹⁵.

Tabla 5. Producción nacional de cítricos en 2010.

Especie	Producción (ton)	(%)
Naranjas	228.128	49,7
Mandarinas	109.768	23,9
Limas ácidas	92.304	20,1
Tangelo ‘Mineola’	580	0,13
Tangelo ‘Orlando’	421	0,09
Toronja	196	0,04
Otros	27.754	6,1
Total	459.151	100

Fuente: Agronet¹⁵.

Dado el gran auge en la producción de lima Tahití en el occidente de Cundinamarca y oriente del Tolima y Huila, algunos productores se han diversificado y cambiado cultivos de mango y guanábana por este cítrico. Estos productores se caracterizan por poseer formación superior, capital de riesgo y una extensión de tierra cosechada que varía entre las 10 y 15 hectáreas. Algunos de estos productores realizan inversiones importantes en tecnología: compran insumos de calidad, realizan un adecuado manejo agronómico y tienen acceso a fuentes académicas y de investigación local.

El mercado limas se encuentra en expansión y ofrece grandes oportunidades para la producción nacional tanto en fresco como en procesado (zumo concentrado, aceite esencial destilado, terpenos, pectinas, ácido cítrico y cáscara deshidratada).

Debe resaltarse nuevamente que las limas de origen colombiano no presentan restricciones de orden fitosanitario en los mercados externos, por lo tanto este renglón se constituye en un producto promisorio para la fru-

ticultura exportadora nacional. Lógicamente debe trabajarse en la calidad demandada, la oferta de volúmenes constantes, la consistencia en la calidad, el material de empaque adecuado, la logística de exportación, las normas y certificaciones requeridas por los mercados de destino y en los límites de residualidad de agroquímicos y pesticidas (MRL) establecidos por los mercados externos.

Es importante anotar que aunque el mercado nacional de limas y limones se abastece en un 90% con producción interna, tanto la producción nacional como las importaciones vienen en aumento para satisfacer los requerimientos crecientes de la demanda¹⁶.

Comercialización

Los cítricos se comercializan en forma tradicional utilizando canales de comercialización como las centrales mayoristas donde el acopiador rural compra el producto a campesinos y pequeños productores para trasladarlo a la plaza regional donde es comprado por el intermediario mayorista para venderlo a los detallistas.

Aunque hay comercializadores organizados en algunas regiones del país que distribuyen el producto en canastillas plásticas o en empaques rígidos de cartón, la práctica más común es no someter la fruta a procesos de selección y comercialarla en costales de diversos tamaños y pesos

En los sistemas de comercialización tradicionales se observa una alta participación de intermediarios, en parte porque no hay exigencias en cuanto a empaque o calidad externa del fruto, y los volúmenes y los precios se fijan según la oferta y la demanda del momento. El producto se comercializa sin norma técnica en la mayor parte de las zonas productoras.

Es común el tradicional sistema de comercialización en los cuales los comercializadores mayoristas adquieren el producto directamente de otros comercializadores menores y agricultores o productores directos. Al contrario en los mercados especializados, hay exigencias de calidad, tamaño, empaque, volumen permanente, el precio se fija previamente mediante contratos establecidos.

En la **figura 2**, se representan los diferentes actores de los canales de comercialización tradicionales en Colombia para cítricos.

En el caso del mercado especializado, por ejemplo, en la cadena de comercialización del limón en el Tolima se han identificado los siguientes actores (**figura 3**):

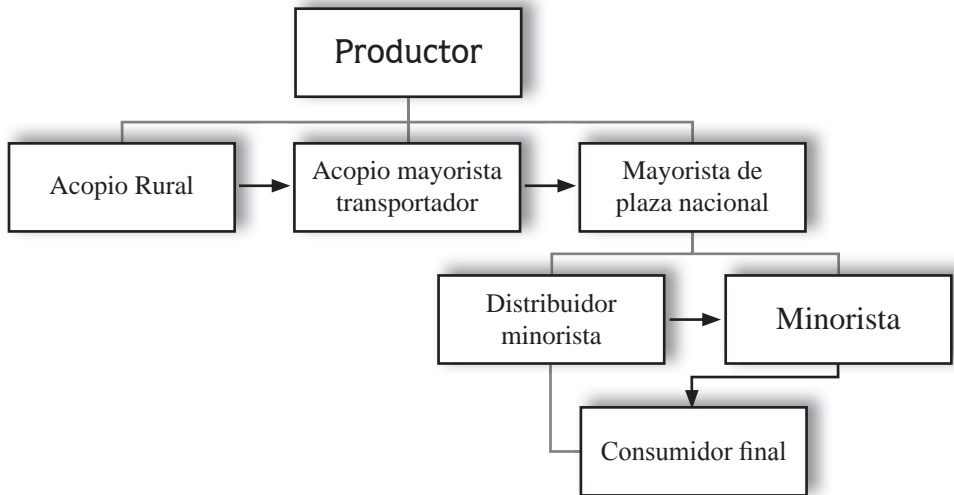


Figura 2. Canales de comercialización tradicionales para cítricos en Colombia.

Fuente: MADR¹⁶.

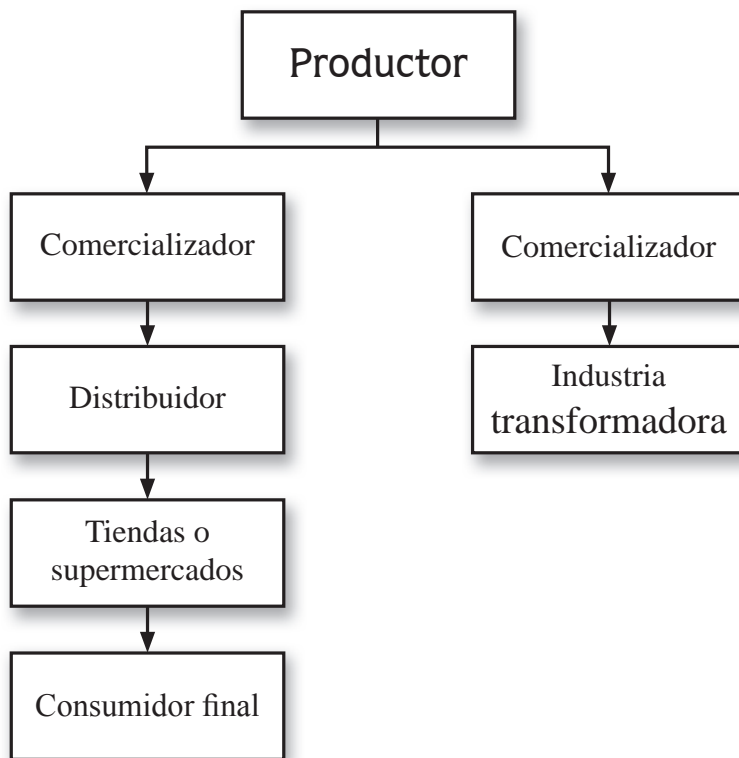


Figura 3. Cadena de comercialización del limón en el Tolima.

Fuente: MADR¹⁶.

En el mercado en fresco las variedades que más se comercializan son la naranja ‘Común’ y ‘Valencia’, de las cuales se han desarrollado marcas propias para supermercados.

También se comercia la variedad tangelo ‘Mineola’, así como las variedades ‘Orlando’ y ‘Washington’ que son apetecidas naranjas de mesa por su sabor dulce y su atractiva presentación externa

El mercado en fresco de frutas se ha fortalecido con la intervención de grandes cadenas de supermercados y centrales de abasto. Así por ejemplo, la producción del Eje Cafetero y del suroeste Antioqueño abastece la cadena de almacenes del Grupo Éxito. Por ejemplo la cadena Carulla, de propiedad del Grupo Exito, compra naranja en los Llanos Orientales, en los Santanderes y Centro del país. En épocas de escasez los supermercados importan naranja valencia (y algunas otras especies en menor escala) procedente de Perú, Venezuela, Ecuador y ocasionalmente, naranja ‘Washington’ de España y Estados Unidos.

Algunas de las comercializadoras establecidas de fruta en fresco que sobresalen en el país son: Entre Ríos y Jugosa (Risaralda); Frutas Cambia (Caldas); Cicolsa y Cítricos Valdivia (Quindío); Frescas y Servifruit (Valle del Cauca); Túnez y Agrícolas Unidas S.A. (Antioquia)¹⁶.

La Cadena de cítricos, como se explicó en secciones anteriores, incluye productos en su fase primaria tales como las naranjas, limones, limas, mandarinas y toronjas, y una serie de productos asociados a la fase industrial como zumos, concentrados, néctares, purés, pastas, pulpas, jaleas, mermeladas, aceites, esencias y pellets para alimentación animal.

La industria se provee de materia prima a través de la compra directamente al productor mediante negociaciones por contrato o comprando la fruta en el cultivo con pago a 30 días. Gran parte de esta fruta se procesa para producir concentrado de naranja que se comercializa en el mercado internacional para ser mezclado con zumos dulces y aportarles acidez.

En el Eje Cafetero colombiano se encuentra localizada gran parte de la industria procesadora de cítricos del país, con una capacidad de procesamiento de 110.000 toneladas de naranja por año, distribuidas entre Cicolsa-Quindío con 50.000 Tm./año, Frutropico-Antioquia con 40.000 Tm./año, Frutasa-Caldas con 13.000 Tm./año y Passicol-Caldas con 7.000 Tm./año¹⁷.

Los cítricos para consumo industrial, a pesar de que mostrar una fase recesiva entre 1993-1997, entraron en un período de expansión entre 1997 y 2001, evidenciando señales del fortalecimiento de la industria nacional de procesados de cítricos.

Sin embargo, el desarrollo de la agroindustria de cítricos en Colombia y su encadenamiento con el sector primario, se ha visto afectado principalmente por problemas con el suministro de materia prima que no se ajusta a sus requerimientos, ni calidad, pues no cumple con los requerimientos óptimos para su procesamiento; ocasionalmente los precios tampoco resultan de interés para los productores quienes prefieren ofrecer la naranja en el mercado en fresco pues reciben precios mas altos que los ofrecidos por la agroindustria¹⁶. Además, la industria nacional de jugos cuenta con un muy bajo nivel de certificación no cumpliendo con los requisitos de trazabilidad, inocuidad y normas de calidad exigidas no solamente por los mercados externos pero también por las grandes superficies en el país, lo que ha dificultado y reducido la participación de estas en el mercado.

No obstante, la expansión del mercado de procesados se ha dado gracias al suministro de productos importados a menores precios, aunque de calidad muy variada¹⁷, debido a que la oferta mundial de cítricos es muy amplia, las economías de escala y la tecnología aplicada al sector por parte de grandes países productores hace posible obtener precios más bajos de materia prima que los precios que registra la fruta fresca nacional.

Esto evidencia la gran necesidad en el sector cítrico de desarrollar paquetes tecnológicos de variedades que cumplan con los requerimientos de la industria, la cual a su vez debe ofrecer garantía con continuidad en el tiempo y estabilidad en el precio para los productores.

Precios y balanza comercial

Los precios de los Cítricos y sus diferentes variedades, presentan un comportamiento muy disímil, por producto y por región. En las principales plazas mayoristas del país se manejan precios muy diferentes, debido a que obedecen a las leyes de oferta y demanda (**tabla 6**). Mientras que en las plazas de Bogotá, Cali y otras ciudades, se comercializa la Mandarina 'Arrayana', en Medellín solamente se maneja la Mandarina 'Oneco'. Los precios difieren mucho entre el grupo de las Naranjas, los Tangelos, las Limas ácidas y Mandarinas. Además de la clasificación por variedades, se realiza una clasificación por calidad (primera, segunda, tercera e industrial).

Tabla 6. Precios promedio de mercado para cítricos durante el periodo 2010-2011 en Colombia.

Producto	Precio (\$ / Kg)	
	Bogotá	Medellín
Naranja Común	449	-
Naranja 'Valencia'	881	1.033
Mandarina 'Arraya'	1.354	-
Mandarina Común	1.439	1.500
Mandarina 'Oneco'	1.250	1.884
Limón 'Tahiti'	810	936
Tangelo	-	1.491

Fuente: Agronet¹⁵.

En cuanto a mandarinas, los precios nacionales se han mantenido altos para el productor y consumidor final, aunque la importación de esta fruta ha mostrado un crecimiento en los últimos años, alcanzándose un precio implícito de US\$ 125 / ton en 2011 en comparación con US\$ 139 / ton en 2010 (figura 4).

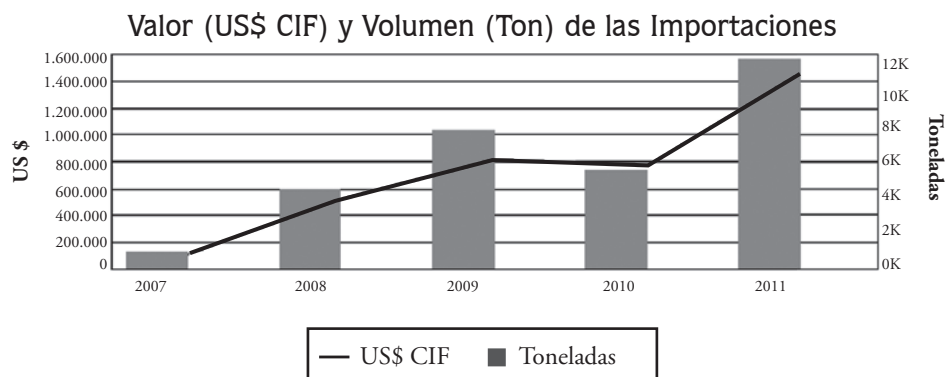


Figura 4. Importaciones nacionales de mandarinas 2007-2011, HS 0805201000.

Fuente: Agronet¹⁵.

Colombia enfrenta problemas para incursionar en los mercados externos debido entre otros factores a que no se cuenta con las variedades ni calidades adecuadas, no hay continuidad en la oferta exportable e igualmente se deben superar problemas de empaque y presentaciones, así como de barreras técnicas y sanitarias. De hecho, la balanza comercial de cítricos fue negativa

(-3.7%) para el período 2007-2010, pasando de US \$4.048.585 a \$2.613.531 (0805100000 Naranjas; 0805201000 Mandarinas (incluidas las tangerinas y satsumas); 0805202000 Tangelo (*Citrus reticulata x Citrus paradisis*); 0805209000 Clementinas, wilkings e híbridos similares de agrios; 0805301000 Limones, 0805302000 Lima agria (*Citrus aurantifolia*); 0805400000 Pomelos o toronjas; 0805501000 Limones; 0805502100 Limon (limón sutil, limón común, limón criollo) (*Citrus aurantifolia*); 0805502200 Lima Tahití (*Citrus latifolia*); 0805900000 Los demás frutos agrios) (figura 5).

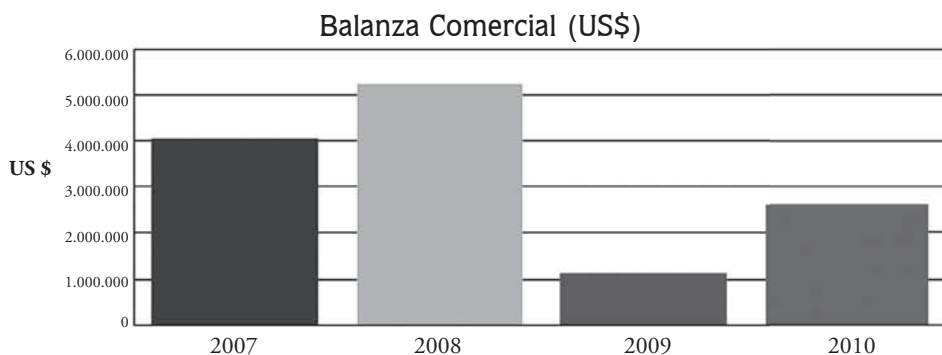


Figura 5. Balanza comercial nacional para cítricos frescos 2007-2011

Fuente: Agronet¹⁵.

En relación al abastecimiento de los cítricos, especialmente de la naranja 'Valencia' y nativas, se presenta un déficit en cuanto a la oferta y demanda, lo que afecta negativamente el acceso y precio de compra por parte del consumidor final. Las importaciones se han venido presentando, con fruta de muy poca calidad cuando proviene de Ecuador y Venezuela, pero de muy buena calidad cuando el origen es Perú, Estados Unidos o España, y en todos los casos con precios altos que afectan el mercado nacional, aunque eventualmente sean favorablemente recibidos por los consumidores quienes valoran y aprecian un producto bien presentado y con adecuado índice de maduración (tabla 7).

Es importante anotar que las importaciones cítricos, en especial en forma fresca, resuelve problemas coyunturales de desabastecimiento en el mercado interno que incentivan la entrada del producto cuando los precios internos son altos, especialmente de países fronterizos como Ecuador y Venezuela.

Las exportaciones nacionales de cítricos se dan mayoritariamente en fresco, siendo los productos líder la lima agria y naranja¹⁵.

Tabla 7. Importación de naranjas frescas por país de origen, HS 0805100000.

País de Origen	Toneladas	US\$ CIF	Precio Implícito
Chile	83,9	93.106	1.110,38
Ecuador	14.907,8	1.465.375	98,30
España	55,5	70.155	1.263,63
Estados Unidos	392,6	446.482	1.137,20
Perú	251,5	260.850	1.037,11
Venezuela	1.478,0	247.808	167,66

Fuente: Agronet¹⁵.

En la **figura 6** podemos observar la balanza comercial para limón, siendo de destacar que la lima ‘Tahiti’ al contrario de los demás cítricos presenta una balanza positiva que se ha mantenido mas o menos estable entre 2007-2010 donde los principales países destino fueron EE.UU., Martinica y Guadalupe. Las importaciones son sobretodo de limones provenientes de Ecuador.

Exportaciones Limón Tahiti, HS 0805502200			
Año	Ton	US\$000 FOB	US\$ Kg
2002	94	\$ 68	\$ 0,72
2004	1466	\$ 855	\$ 0,58
2006	2788	\$ 2.095	\$ 0,75
2007	3596	\$ 2.995	\$ 0,83
2008	2503	\$ 2.584	\$ 1,03
2009	1486	\$ 1.500	\$ 1,01
2010	3034	\$ 2.882	\$ 0,95

Mercados de Destino, 2010		
País	Tons	%
USA	1389	46%
Martinica	663	22%
Guadalupe	460	15%
Bélgica	166	5%
Cuba	118	4%
Puerto R	110	4%
Guayana	37	1%
Ecuador	30	1%
Otros	61	2%

Importaciones de limones, HS 0805301000			
Año	Tons	US\$000 Valor CIF	Px Implícito
1997	2966	\$ 429	\$ 0,14
2000	4725	\$ 564	\$ 0,12
2001	6318	\$ 557	\$ 0,10
2005	2112	\$ 159	\$ 0,08
2009	4563	\$ 486	\$ 0,11
2010	588	\$ 146	\$ 0,25

Países de Origen, 2009		
País	Tons	%
Ecuador	4254	93%
USA	236	5%
Chile	47	1%

Figura 6. Balanza comercial nacional para limón.

Fuente: Agronet¹⁵.

Las exportaciones nacionales de cítricos en fresco, se destinan por orden de importancia a los mercados de Ecuador, Guadalupe, EE.UU. y Martinica (**tabla 8**).

Tabla 8. Destino de las exportaciones nacionales de cítricos 2011 (partidas arancelarias: 0805100000; 0805201000; 0805202000; 0805209000; 0805301000; 0805302000; 0805400000; 0805501000; 0805502100; 0805502200; 0805900000).

País	Volumen (toneladas)	Valor (Miles US \$)
Ecuador	1.015,0	234,9
Guadalupe	577,3	704,8
Estados Unidos	473,0	833,1
Martinica	389,4	574,5
Cuba	170,2	352,0
Holanda	42,6	42,9
Guayana Francesa	24,1	10,8
Panamá	13,4	22,9
Aruba	12,4	6,7
Antillas Holandesas	1,3	1,0
Total	2718,7	2.783,7

Fuente: Agronet¹⁵.

Los principales productos cítricos que Colombia importa son: Jugo de naranja congelado (50,6%), Naranjas frescas (17,0%), Mandarinas (11,1%), Limones (8,2%) y otros jugos de naranja (4,7%), representando todos ellos el 91,6 % del total de los cítricos importados por Colombia. El producto mas dinámico en las importaciones de la Cadena es la mandarina con un crecimiento promedio anual de 65.1%, sin embargo también sobresalen las importaciones de toronjas con incrementos de 55.4%, los demás frutos agrios frescos con 53.3%, purés y pastas de agrios con 52.2% y limas con 51.0%¹⁶.

Sobre los principales mercados de origen de las importaciones de la Cadena, se observa que el jugo de naranja congelado es proveniente sobretudo de Brasil y México, mientras que Estados Unidos es el principal abastecedor para los demás jugos de naranja. Venezuela, Ecuador y Estados Unidos son los principales proveedores de naranjas frescas; Ecuador, EE.UU. y Perú de mandarinas frescas, y finalmente Ecuador y EE.UU. lo son para limones frescos (**tabla 9**).

Tabla 9. Principales importaciones por partidas arancelarias de cítricos en 2011.

Producto	Origen	Volumen (toneladas)	US\$ CIF	Precio Implícito (US\$ / ton)
Jugo de naranja congelado (HS 2009110000)	Brasil	736,0	1.974.174	2.682,37
	EE.UU.	14,3	45.594	3.191,80
	México	449,2	1.210.621	2.695,10
	Chile	83,9	93.106	1.110,38
	Ecuador	14.907,8	1.465.375	98,30
Naranjas frescas (HS 0805100000)	España	55,5	70.155	1.263,63
	EE.UU.	392,6	446.482	1.137,20
	Perú	251,5	260.850	1.037,11
	Venezuela	1.478,0	247.808	167,66
Mandarinas (HS 0805201000)	Ecuador	11.361,0	864.558	76,10
	EE.UU.	178,6	404.202	2.262,7
	Perú	178,9	198.246	1.107,9
Limones (Ecuador	365,7	35.796	97,8
	EE.UU.	167,3	228.120	1.363,3
Otros jugos de naranja (2009120000; 2009190000)	EE.UU.	620,3	986.794	1.590,8
	México	6,0	4.034	668,7
	Polonia	34,3	47.692	1.390,8

Fuente: Agronet¹⁵.

La Cadena enfrenta un déficit estructural de concentrado de naranja, para la industria de jugos, y algunas importaciones coyunturales de naranja ‘Valencia’ procedente de Venezuela, especialmente en los meses de octubre-abril, sobretodo para abastecer los mercados de Bogotá y Medellín. Las importaciones que provienen de Ecuador son de baja calidad y normalmente se transan a precios inferiores. La variedad Washington es importada por cadenas de supermercados para su consumo en estratos altos dada su calidad y precio

Los principales productos de la Cadena de Cítricos que se transan internacionalmente son:

- Naranjas frescas o secas.
- Limones frescos o secos.
- Mandarinas (incluidas las tangerinas y satsumas) frescas o secas.

- Lima agria o mejicana (*Citrus aurantifolia*) fresca o seca.
- Toronjas o pomelos frescos o secos.
- Zumo de naranja congelado.
- Agrios (cítricos) preparados o conservados de otro modo, incluso con adición de azúcar u otro edulcorante o alcohol.
- Zumo de cualquier otro agrio (cítrico).
- Los demás zumos de naranja.
- Confituras, jaleas y mermeladas de agrios (cítricos).
- Purés y pastas de agrios (cítricos).
- Zumo de toronja o pomelo.
- Los demás frutos agrios (cítricos), frescos o secos.
- Las demás mandarinas. clementinas, wilkings e híbridos similares de agrios, frescos secos.

Costos

El comportamiento de los costos de producción ha tenido un incremento anual de alrededor del 5,3%. Estos aumentos se explican básicamente por el excesivo incremento en los precios de los fertilizantes y otros insumos con un 42,4%, seguido del costo de mano de obra con un 40,6%¹⁵.

La semilla para los cultivos de tardío rendimiento, en el primer año representa un costo alto, pero para el análisis de los siguientes años no repercute.

Los agroquímicos en los últimos años han tenido precios especulativos, llevando a estos cultivos a tener menor rentabilidad en el ejercicio productivo. En general, el cultivo de los Cítricos, es una actividad que demanda, al concluir el tercer año (entrada en producción), cerca de \$14 millones de pesos por hectárea (**tabla 10**). En el primer año de establecimiento sus costos pueden pasar del 60% del costo total. Para el segundo y tercer año, los costos suman un 40% del total de los costos de producción.

Tabla 10. Costos de producción por hectárea para un periodo de establecimiento de 1 – 5 años de un pomar de cítricos.

Concepto	2005	2006	2007	2008	% por concepto
Semilla	1.705.725	1.795.500	1.890.000	2.100.000	13,65%
Fertilizantes-agroquímicos	3.595.425	3.784.658	3.983.850	4.426.500	28,7%
Empaques	162.450	171.000	180.000	200.000	1,3%
Mano de obra	5.081.579	5.349.030	5.630.558	6.256.176	40,6%
Otros	1.949.400	2.052.000	2.160.000	2.400.000	15,6%
Costo por Ha	12.494.579	13.152.188	13.844.408	15.382.676	100%

Fuente: Agronet¹⁵.

Consumo

El mercado colombiano se caracteriza por el bajo consumo de frutas. El consumo per cápita de frutas, calculado a partir del consumo nacional aparente, se situó en el 2001 en 45,8 Kg (excluidos el banano y el plátano de exportación), como se observa en la **tabla 11**, cifras que son inferiores al promedio mundial reportado por la FAO de 59,8 Kg. Esta situación confirma que Colombia aún hace parte del grupo de países con ingresos y estándares de vida que privilegian el gasto en alimentos básicos como cereales, tubérculos y raíces, respecto al de productos con mayor contenido nutricional¹⁸.

El consumo de frutas y hortalizas de los países de la Unión Europea, así como de Estados Unidos y Canadá, es dos y hasta tres veces mayor al consumo de Colombia.

Incluso, respecto a la Comunidad Andina de Naciones (CAN), compuesta por países con niveles de desarrollo económico y social similares, Colombia registra uno de los niveles más bajos en consumo de productos hortofrutícolas. No obstante lo anterior, en el caso de las frutas, el consumo durante la última década ha sido muy dinámico comparado con el consumo promedio mundial. En Colombia el consumo per cápita de frutas aumentó a un ritmo del 3,3% promedio anual, frente a una tasa del 1,7% mundial, generando un incremento en la producción.

Una de las características del consumo de frutas es la concentración del gasto en pocos productos. Es así como, según la Encuesta de Ingresos y Gastos del Dane para 1994 y 1995, cinco productos (naranja, mora, banano, guayaba y tomate) representaron el 42% del gasto total en frutas. En el caso de los cítricos, se calcula un consumo per cápita de 15 Kg / año, el cual creció

en la última década, especialmente en mandarina y limón (3,5%)¹⁸. Aún así estamos por debajo de los grandes consumidores de cítricos en el mundo. Por ejemplo, para Estados Unidos el consumo de naranja solamente, ascendió a los 9,3 Kg per cápita en 2009²⁰.

Tabla 11. Evolución del consumo nacional de frutas frescas (sin banano ni plátano de exportación) 1991—2001.

Año	Producción 1/ Toneladas	Importaciones 2/ Toneladas	Exportaciones 2/ Toneladas	Consumo aparente 3/ Toneladas	Consumo per capita 3/ Kilogramos
1991	1,051,141	31,818	6,229	1,076,729	30.2
1992	1,326,670	49,633	7,978	1,368,325	37.6
1993	1,368,742	63,431	11,374	1,420,800	38.3
1994	1,437,396	92,111	4,140	1,525,368	40.3
1995	1,498,040	129,506	10,012	1,617,535	42.0
1996	1,615,464	109,508	2,747	1,722,225	43.8
1997	1,663,851	138,786	2,572	1,800,064	44.9
1998	1,714,099	113,194	20,391	1,806,902	44.3
1999	1,781,788	115,292	18,288	1,878,791	45.2
2000	1,796,996	129,552	16,879	1,909,669	45.1
2001	1,866,763	129,202	22,457	1,973,508	45.8
CREC 91/01%	4.8	11.9	11.5	5.1	3.3

1 Anuario Estadístico del Sector Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. El dato sobre la producción no incluye pérdidas, estimadas en 25%, ni demanda industrial, en 5%.

2 Bases de Datos de Comercio Exterior. DANE, DIAN.

3 Cálculos: Corporación Colombia Internacional, Sistema de Inteligencia de Mercados.

Fuente: CCI¹⁸.

Se espera que en las próximas dos décadas, la mayor demanda por alimentos, así como los mayores cambios en su composición, ocurran en los países en desarrollo o países de medianos y bajos ingresos, entre los que esta Colombia. Vale la pena anotar que la composición del consumo de alimentos y su variación frente a incrementos en el ingreso en países pobres da más importancia al consumo de alimentos básicos, como cereales y tubérculos, y a la sustitución dentro de este grupo de productos de bajo valor por productos de mayor valor, en tanto que en países de ingresos medios, como Colombia, un incremento en el ingreso tiende a aumentar el gasto en fuentes de nutrientes más costosas como carnes, frutas y vegetales, y a disminuir el de cereales y tubérculos, convirtiéndose en mercados muy sensibles a este tipo de cambios.

Por su parte, en países desarrollados, cuyo crecimiento económico se ha estabilizado y que tienen niveles altos de ingreso, la variación en el ingreso no implica cambios significativos en la estructura del consumo, pero sí en las características de la demanda que se orienta a productos con mayor valor agregado como los procesados, productos novedosos como nuevas variedades de frutas y hortalizas y productos importados que se perciben como de mejor calidad (la denominación de países de ingresos bajos, medios y altos corresponde a la clasificación hecha por el Banco Mundial)²¹.

Desde el punto de vista del ingreso, el 10% de la población más rica en las zonas urbanas del país capta el 39% del ingreso total y percibe doce veces el ingreso del 40% de la población más pobre, mientras que el 74% de los hogares tienen ingresos inferiores al ingreso promedio de la población. Esto es relevante por la importancia de la capacidad adquisitiva en el consumo de frutas. Por ejemplo, en el gasto en frutas en el país, la población de mayores ingresos tiene un peso relativo importante; a pesar de que este segmento cubre sólo el 16% de los hogares, responde por cerca de una cuarta parte del gasto total en frutas.

Lo anterior es válido especialmente para cítricos como la mandarina que podrían denominarse frutas de estrato alto. En cuanto a naranja, hay una concentración moderada del gasto en los estratos de mejores ingresos¹⁸.

Interesante notar que la disponibilidad per capita en el mundo de cítricos frescos y procesados ha mostrado una disminución en los últimos 10 años, lo que demuestra que sigue existiendo un mercado favorable para estos productos sobretodo procesado (**tabla 12**). Observando la tendencia para cada una de las especies por separado podemos ver que la disponibilidad per capita disminuyó en los últimos 10 años de forma marcada para naranjas y pomelos, mientras que para limas ha aumentado de forma marcada (**tabla 13**).

El consumo de zumos de frutas varía mucho según los mercados. Sin embargo, hay una tendencia general a aumentar el consumo de zumos frescos especialmente por el mayor grado de información e interés del consumidor sobre el beneficio de estos productos para la salud. Esto ha dado origen a un desarrollo de la industria de zumos ofreciendo productos dirigidos a consumidores específicos como por ejemplo, el mercado de productos dietéticos, certificados orgánicos, zumos con mezclas de sabores, con azúcares diferenciadas, entre otros.

Tabla 12. Disponibilidad per capita para cítricos frescos y procesados (equivalentes en peso fresco) durante 2001-2009 en EE.UU.

Año	Frescos (libras)	Procesados (libras)	Total (libras)
2001	23,92	90,25	114,17
2002	23,36	84,16	107,52
2003	23,81	83,96	107,77
2004	22,68	83,65	106,33
2005	21,60	78,17	99,77
2006	21,64	71,36	93,01
2007	17,93	67,14	85,07
2008	20,62	61,97	82,59
2009	20,68	63,43	84,11

Fuente: USDA/Economic Research Service²¹.

Tabla 13. Disponibilidad per capita para cítricos frescos por especie (peso al por menor) durante 2001-2009 en EE.UU.

Año	Naranjas y tangores (libras)	Mandarinas y tangelos (libras)	Limones (libras)	Limas (libras)	Pomelos (libras)	Total (libras)
2001	11,5	2,6	2,8	1,4	4,7	23,1
2002	11,4	2,4	3,2	1,0	4,5	22,6
2003	11,5	2,6	3,2	1,7	4,0	23,0
2004	10,5	2,6	3,0	1,8	4,0	21,9
2005	11,1	2,4	2,8	2,0	2,6	20,8
2006	9,9	2,6	4,0	2,1	2,2	20,9
2007	7,2	2,4	2,7	2,2	2,8	17,3
2008	9,6	2,9	1,9	2,4	3,1	19,9
2009	8,8	3,0	3,0	2,4	2,7	19,9

Fuente: USDA/Economic Research Service²¹.

Algunos embotelladores y grandes minoristas también han lanzado zumos de frutas, especialmente zumo de naranja, elaborados a partir de zumo simple, en lugar de concentrado. Si los consumidores aceptan bien esos productos, cada vez más harán falta materias primas en forma natural y no de concentrado¹⁶.

Empleo

Se estima que el sector cítrico generó en el año 2009 aproximadamente 232.234 empleos de los cuales 43.936 son directos y 188.298 indirectos, estos

últimos relacionados con comercializadores, intermediarios, plazas mayoristas y minoristas, mercados especializados y mercados móviles¹⁵.

El renglón de los Cítricos participa con aproximadamente un 24% de los empleos directos generados dentro del sector de frutales en Colombia; la importancia que tiene este cultivo en la agricultura nacional, se refleja en el total de empleos directos con relación a los generados por el grupo de los frutales.

En proporción, se dice que por cada empleo directo destinado a las labores permanentes, se generan tres indirectos. Esto se refleja en estabilidad del subsector agrícola – Cítricos.

Gremios

El sector citrícola cuenta con dos gremios eje en Colombia: Asohofrucol y Asocítricos. Existe también el Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, un fondo parafiscal administrado por Asohofrucol, cuyos objetivos son: promover la investigación, prestar asistencia técnica, transferir tecnología, capacitar, acopiar y difundir información, estimular la formación de empresas comercializadoras, canales de acopio y distribución, apoyar las exportaciones y propender por la estabilización de precios de frutas y hortalizas para el desarrollo del subsector, de manera que se consigan beneficios tanto para los productores como para los consumidores nacionales.

La Cadena de cítricos incluye productos en su fase primaria tales como las naranjas, limones, limas, mandarinas y toronjas, y una serie de productos asociados a la fase industrial como: zumos, concentrados, néctares, purés, pastas, pulpas, jaleas, mermeladas, aceites, esencias y pellets para alimentación animal.

La Cadena ha suscrito tres acuerdos de competitividad*, uno a nivel nacional firmado en el año 2000, y dos a nivel regional, un Acuerdo en la región Centro Occidente, firmado en 2002, y otro en la región Tolima, firmado en 2002. Están en proceso los acuerdos para los departamentos de Cundinamarca-Boyacá, Santander y Costa Atlántica

El espacio de diálogo y concertación que se ha creado con la Cadena, ha permitido planificar la producción de frutas asegurando el intercambio y reduciendo los costos de transacción, por ello se debe continuar con el proceso de fortalecimiento de la articulación de la Cadena productiva con un enfoque

*Documentos disponibles en: www.agrocadenas.gov.co

comercial que le permita llegar al consumidor final con un producto de óptima calidad. A pesar de este esfuerzo aún se considera que la representatividad gremial del sector es muy baja y es aún notable la desarticulación de los diversos actores de la cadena cítrica; se requiere de un importante apoyo institucional y mayor presencia del sector privado para superar las debilidades y deficiencias anteriormente mencionadas.

Problemáticas priorizadas

La Cadena de los Cítricos mediante reuniones con los diferentes actores de la cadena, ha desarrollado un diagnóstico del sector cítrico nacional y ha identificado una serie de problemas limitantes del desarrollo y competitividad de la cadena, las cuales las agrupa en tres grandes áreas prioritarias:

- Producción.
- Poscosecha e industria.
- Fortalecimiento Gremial y Empresarial.

Las problemáticas priorizadas para cada área se detallan a continuación:

Producción

Problemática

- Poca disponibilidad de variedades y materiales mejorados, y certificados (VIVEROS).
- Bajo nivel tecnológico en la producción.
- Altos costos de producción y bajos rendimientos.
- Falta de estudios de zonificación que identifiquen nichos productivos de calidad diferenciada para Colombia.
- Atomización y marginalidad de la producción.
- Débil investigación de los procesos productivos y falta de transferencia de los resultados existentes.
- Uso indiscriminado de agroquímicos.
- Poca implementación de la producción limpia (BPA).
- Manejo inadecuado de plagas y enfermedades.

Poscosecha e industria

Problemática:

- Poca infraestructura para un adecuado manejo en la etapa poscosecha.
- Centros de producción muy distantes de los puertos.
- Mala logística en los puertos.
- Ausencia de homogeneidad y estandarización del producto y/o materia prima.
- Oferta discontinua y de bajos volúmenes.
- Altas pérdidas poscosecha.
- Ausencia de cadena de frío.
- Deficiente implementación de empaques y presentación.
- Falta de investigación e implementación de prácticas que alarguen la vida útil de los productos cosechados.
- Poca implementación de BPA, BPM, y demás normas de calidad.
- Falta de investigación en valor agregado al producto.
- Deficiente inteligencia de mercados.
- Pocos estudios de análisis de riesgos para incursionar con mas productos de exportación.

Fortalecimiento Gremial y Empresarial

Problemática

- Baja organización de productores, y si una base social empoderada de su problemática.
- Poca articulación de las organizaciones con los demás eslabones de la cadena productiva.
- Baja transferencia y adopción de tecnología en temas organizacionales y de asociatividad.
- Bajos incentivos o baja utilización de los existentes.
- Poco conocimiento de fuentes de financiación.
- Poca gestión de proyectos para desarrollo tecnológico y de innovación.
- Formas de tenencia de la tierra tradicionales y sin legalidad.

Acciones

El apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, permitió en el 2008, la creación del Consejo Nacional Citrícola, a la vez que se activó la Cadena Productiva de los Cítricos y le dio la importancia que el gremio representa para toda la Cadena.

El Consejo inició sus funciones el 22 de mayo de 2009 y ha venido realizando sus reuniones en las oficinas del Ministerio de Agricultura, en Palmira – Valle del Cauca y en Medellín – Antioquia.

El Consejo, está dando y generando toda la confianza, para que las Entidades de Apoyo inscritas en él, tengan la posibilidad de concretar acciones que redunden en el desarrollo del sector; y a su vez, se planteen Planes, Programas y Proyectos encaminados a resolver los problemas identificados y priorizados por la cadena.

Como acción primaria para la solución de los principales problemas de la cadena se desarrolló y presento a la Dirección de Cadenas Productivas para su Coordinación e Implementación (Ley 811 de 2003) el ***Plan Estratégico del Acuerdo de Competitividad y Plan de Acción Anual:***

1. Mejora de la productividad y la competitividad.

- Uso de material vegetal para propagación libre de virus para Incrementar la producción en los huertos de cítricos en Colombia.
 - I. Presentar el Plan Nacional de Certificación de Material para Propagación.
 - Formular el Plan Nacional de Certificación de Material Vegetal.
 - Gestión para financiar el Plan Nacional de Certificación.
 - II. Producción masiva y uso de material vegetal para propagación.
 - Asegurar la producción de material vegetal entre centros de Investigación, viveristas e ICA.
 - Asegurar la demanda de material vegetal para propagación, mediante contratos de compra de los diferentes viveristas de cítricos en Colombia.

2. Desarrollo del mercado de bienes de factores de la cadena.

- Mejorar y ampliar el posicionamiento a los mercados nacional e internacional de todos los cítricos.

I. Agregación de valor a través de procesos poscosecha de cítricos para consumo en fresco.

- Estructurar, formular y presentar el Plan Nacional de Abastecimiento para 8 centros de acopio y beneficio los cítricos en las 4 subregiones citrícolas del país: 1 Costa Atlántica, 1 Santander, 1 Villavicencio, 1 Tolima - Huila, 1 Antioquia, 1 Eje Cafetero, 1 Cundinamarca - Boyacá y 1 en Valle del Cauca - Cauca).

II. Fomentar el consumo de cítricos.

- Adelantar campaña publicitaria de promoción al consumo de cítricos a nivel nacional.
- Divulgación de instrumentos crediticios (4 Regiones, 15 departamentos productores).
 - I. Aumentar el conocimiento de los actores de la cadena sobre el crédito institucional FINAGRO.
- Acompañamiento a productores y otros actores de la cadena en los procesos de gestión de créditos.
 - I. Lograr que un mayor número de productores se beneficien del crédito institucional.
- 3. Distribución de los costos de transacción de los diferentes actores de la cadena.
- Desarrollar un Programa Informativo que ayude a los eslabones de la Cadena de los Cítricos.
 - I. Captura de información en áreas sembradas y centrales de abasto a través de convenios con entidades y empresas dedicadas a esta actividad.
- Mejorar la eficiencia y eficacia en las transacciones que realizan los agentes de la cadena.
 - II. Realizar acuerdos entre productores, agroindustriales, minoristas y mayoristas, con el fin de mejorar la coordinación de todos los eslabones desde la producción hasta el consumo.
- 4. Desarrollo de alianzas estratégicas de diferente tipo.
- Formular el Plan Citrícola Nacional.
 - I. Promover acuerdos regionales entre productores, entidades de apoyo del MADR, industrias de procesamiento, centros de investigación, comercializadores y la academia, para alcanzar.

- Promover el crecimiento de las exportaciones de las variedades de cítricos.
- Consolidar en Colombia la actividad citrícola como una importante y dinámica fuente de crecimiento sostenible, de desarrollo económico y social, y de la generación de empleo e ingresos en las diversas regiones rurales del país, especialmente en las 4 regiones y 16 departamentos con una diversificada oferta de cítricos exportables en el mercado mundial de frutas, frescas y procesadas.
 - I. Desarrollar bases productivas para la producción de productos de alta calidad.
 - II. Formar y establecer una base de capital humano especializado.
 - III. Construir en las distintas unidades productivas, una sólida capacidad nacional de tecnificación, para la elaboración de productos con valor agregado.
 - IV. Construir capacidades en los distintos agentes del sector para la identificación, generación y desarrollo de mercados presentes y potenciales de productos que puedan ser atendidos por la oferta nacional.
 - V. Desarrollar una institucionalidad, pública y privada que garantice la integración activa y comprometida entre los diferentes actores de la Cadena Citrícola, con miras al posicionamiento de estos agentes en las 4 regiones productoras.
- Especialización territorial y nacional.
 - I. Desarrollar un clúster para cada región productora, con aquellos cítricos con mejores ventajas comparativas y competitivas.
 - II. Buscar especializar las unidades productivas.
 - III. Buscar especializar los territorios.
 - IV. Vincular a Colombia al mercado de la cuenca del Caribe.
 - V. Vincular a Colombia al mercado Europeo.
 - VI. Vincular a Colombia al mercado de Centro América.
 - VII. Vincular a Colombia al mercado de Sur América.
- Construcción de una cultura innovadora.
 - I. Generar una cultura de innovación en la región Centro Occidente.

- II. Generar una cultura de innovación en la región Centro Oriente.
 - III. Generar una cultura de innovación en la región Llanos Orientales.
 - IV. Generar una cultura de innovación en la región Costa Atlántica.
5. Mejora de la información entre los agentes de la cadena.
- Programa de dinamización de la información de la Cadena de los Cítricos.
 - I. Construcción y difusión de base de datos sobre actores de la cadena de cítricos.
 - II. Acopio y difusión de precios y mercados de cítricos.
6. Vinculación de los pequeños productores y empresarios a la cadena.
- Fortalecimiento de la Capacidad Organizativa y Empresarial de Pequeños y Medianos Productores.
 - I. Fortalecer el proceso de asociatividad de CITRICAUCA y otras asociaciones de citricultores.
 - II. Fortalecer el proceso de asociatividad en 16 departamentos cítricos de Colombia.
7. Manejo de recursos naturales y medio ambiente.
- Mejoramiento de la sostenibilidad del cultivo de los cítricos.
 - I. Implementar la guía ambiental del cultivo de los cítricos.
8. Formación de recursos humanos.
- Fortalecimiento de procesos de transferencia de tecnología y organización empresarial de productores.
 - I. Implementar Escuelas de Campo de Agricultores – ECAS
9. Investigación y desarrollo tecnológico.
- Promover la seguridad fitosanitaria.
 - I. Monitoreo de permisos de importación.
 - II. Definición de plagas cuarentenarias para la citricultura, en países importadores de cítricos.
 - Mejorar la oferta de servicios tecnológicos.
 - I. Definición de marco conceptual y operativo para la creación del Centro de Excelencia en Cítricos.

- II. Gestión de alianzas interinstitucionales para la creación del Centro de Excelencia en Cítricos.
- Promover la seguridad fitosanitaria.
 - I. Monitoreo de permisos de importación.
 - II. Definición de plagas cuarentenarias para la Citricultura, en países importadores de Cítricos.
- Mejorar la oferta de servicios tecnológicos
 - I. Definición de marco conceptual y operativo para la creación del Centro de Excelencia en Cítricos.
 - II. Gestión de alianzas interinstitucionales para la creación del Centro de Excelencia en Cítricos.

Conclusiones y recomendaciones

Los cítricos son productos que ofrecen muchas ventajas a las personas que son conscientes de su salud, que exigen conveniencia y le dan importancia a alimentos seguros.

Algunas de las debilidades que enfrenta la Cadena de los Cítricos en Colombia son la falta de escalas comerciales significativas y la alta dispersión en la producción, el bajo grado de asociatividad entre los productores y la falta de cultura agroempresarial que limita su acceso al crédito y a la asistencia técnica, y además restringe su capacidad de maniobra frente a otros actores; existe poco grado de integración entre la industria y la agricultura; no hay material vegetal certificado; falta investigación y transferencia de tecnología (desarrollo de variedades y calidades) en la fase agrícola y agroindustrial, así como prevención de plagas y enfermedades.

Aprovechar las oportunidades de los mercados en expansión tanto en fresco como industrial requiere aumentar los niveles de competitividad de la producción nacional, con variedades pertinentes, disminución de costos de producción y mejoramiento de la calidad.

El desarrollo futuro del sector está en la especialización de la oferta regional con base en la identificación nichos productivos buscando la diferenciación de productos de alta calidad con orientación exportadora, tales como el esquema de marcas oficiales, sello verde u orgánico, las indicaciones geográficas: denominaciones de origen (D.O.) e indicaciones de Procedencia (Decisión

486 de 2000 de la Comunidad Andina); respaldadas por certificaciones imparciales e independientes, que asegura al consumidor que el producto que está adquiriendo es de calidad superior.

Los rasgos que caracterizan y dirigen hoy día las relaciones de comercio agroalimentario entre los países y bloques económicos de mayor peso a nivel mundial son: la prevalencia de productos con trazabilidad, sanidad e inocuidad garantizadas y certificadas; y atributos de calidad que permiten fortalecer la competitividad de los productos alimentarios.

El crecimiento del sector cítrico colombiano estará determinado en gran parte por el desarrollo de la capacidad exportadora, que sólo se dará sobre la base de un complejo agroindustrial organizado y una estructura empresarial eficiente.

Para esto es necesario tener un mejor conocimiento de las características de los mercados internacionales, en cuanto a variedades, calidades, presentaciones y normas técnicas y de calidad, que proporcionen mejor información para el desarrollo de nuevos mercados.

El gobierno debe proveer las condiciones necesarias para el desarrollo del sector, especialmente en el tema de servicios de financiación, crédito, investigación y desarrollo, infraestructura, apoyo a inversiones, incentivos, sanidad, promoción de calidad, certificación y prácticas ambientales, entre otros instrumentos.

Ampliar el área de cultivo bajo esta perspectiva, necesita un adecuada planeación, condiciones tecnológicas que garanticen las variedades adecuadas, altos rendimientos, calidad y precios competitivos. La organización de los productores es definitiva para consolidar la oferta, con cantidad, continuidad y calidad, de manera sostenible ante la demanda de actores de creciente importancia como los supermercados y desarrollar un mejor encadenamiento del sector primario y la agroindustria.

La agroindustria necesita abastecerse de materia prima que compita en calidad y precio con el producto importado, lo cual requiere que la producción nacional reduzca sus costos de producción y cambie la percepción del riesgo, prefiriendo estabilidad (con precios garantizados) frente a altas fluctuaciones, con oportunidades de grandes pérdidas o de grandes ganancias. Asimismo, la industria debe ofrecer en el mediano plazo, condiciones de permanencia para garantizar la inversión de los agricultores y el cumplimiento de los contratos.

La dinámica que están adquiriendo las grandes cadenas de supermercados en la comercialización de cítricos, exigen aparte del agricultor, producciones planificadas, tecnificadas y competitivas, que ofrezcan calidad, buenos precios, y que cumplan con las exigencias de los consumidores finales que prefieren frutos jugosos, dulces, de buen tamaño y color, y libres de semillas.

El desarrollo de infraestructura y constantes mejoras de la logística del transporte les permitirá a los productores y comercializadores abastecer los mercados con productos cítricos frescos de alta calidad durante todo el año. También les permitirá a los productores de los cítricos procesados proveer productos convenientes y a precios razonables a los consumidores.

La demanda mundial de productos cítricos continuará creciendo, y las perspectivas a largo plazo para los citricultores son positivas y requieren de ajuste en aquellos sectores de bienes importados, sobre los cuales la competencia internacional ejerce las mayores presiones.

Referencias bibliográficas

1. CARDONA, J. y RODRÍGUEZ, A.. La citricultura en el eje cafetero. Manizales: CORPOICA, 1997.
2. CANO, A.; MEDINA, A. y BERMEJO, A. Bioactive compounds in different citrus varieties. Discrimination among cultivars. En: *Journal of Food Composition and Analysis*, 2008. Vol. 21, p. 377– 381.
3. DIRECCIÓN NACIONAL DE MERCADOS. Situación del mercado internacional de cítricos. [En línea]. Dirección de Mercados Agroalimentarios. Área Mercados de Frutas, 2009. [Citado el 5 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://www.caceper.com.ar/noticias.asp?Id=1780>.
4. FEDERACIÓN ARGENTINA DEL CITRUS El comercio mundial de cítricos crecería un 7% el 2011. [En línea]. FEDERCITRUS, 2011. [Citado el 19 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://www.agronota.com/noticia.php?id=172>.
5. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO statistics. The Statistics Division. Major food and agricultural commodities and producers. [En línea]. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Economic and Social Department, 2008. [Citado el 10 de noviembre de 2011]. Url disponible en: www.fao.org/es/ess/top/topproduction.html .
6. FEDERACIÓN ARGENTINA DEL CITRUS. La Actividad Citrícola Argentina. Buenos Aires, Argentina: FEDERCITRUS, 2011. 18 p.

7. FAVIR Database. APHIS Fruits and Vegetables Import Requirements United States Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service, 2011. [Citado el 21 de agosto de 2011]. Url disponible en: <https://epermits.aphis.usda.gov/manual/index.cfm?CFID=114782&CFTOKEN=c371bfeef2e162f5-E613BA05-BA6D-EADB BA72CDC0351F64D1&ACTION=pubHome>
8. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - AGRICULTURAL MARKETING SERVICE. Fruit and Vegetable Market News Branch. National Fruit and Vegetable Retail Report. November 2011. Vol. V – No. 45, 22 p. [Citado el 15 de noviembre de 2011]. Url disponible en: www.marketnews.usda.gov/portal/fv and <http://www.ams.usda.gov/mnreports/fvwretail.pdf>.
9. IMBERT, E. Winter citrus 2007-08 season report: detail by type of fruit. Close-up Citrus. En: FruitTrop. 2008. N°161, p. 18. [Citado el 27 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://passionfruit.cirad.fr>.
10. CENTER FOR THE PROMOTION OF IMPORTS FROM DEVELOPING COUNTRIES CBI. Ministry of Foreign Affairs. Fresh limes in The Netherlands. 2011. [Citado el 24 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://www.cbi.eu/marketinfo/cbi/?action=findDocuments&product=6&market=10&search=Go>.
11. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE. Citrus Fruits. 2011 Summary. 35 p. [Citado el 24 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/CitrFrui/CitrFrui-09-22-2011.pdf>.
12. SANCHEZ, C. World: The prices of fruit juices and pulps in Europe. En: International Press Review. FruitTrop 2008. N°161, p. 2. [Citado el 27 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://passionfruit.cirad.fr>.
13. SPREEN, T. Panorama mundial en el 2010. En: Citrinotas. 2010. N°44, p. 28-31. [Citado el 05 de noviembre de 2011]. Url disponible en: www.procitrus.org/pdf/citrinotas/citrinotas_44.pdf.
14. ORDUZ, J.O., et al. Características de la citricultura del departamento del Casanare y recomendaciones para su mejoramiento productivo. Villavicencio, Meta: CORPOICA, 2008. 90 p.
15. RED DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA DEL SECTOR AGROPECUARIO – AGRONET. Análisis-Estadísticas. Colombia: AGRONET, 2011. [Citado el 25 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://www.agronet.gov.co>.
16. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo no. 107. La cadena de cítricos en colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005.

- Bogotá D.C. : El Ministerio, 2005. 64 p. [Citado el 06 de agosto de 2011]. Url disponible en: <http://www.agrocadenas.gov.co>.
17. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL y FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTOFRUTÍCOLA. Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva de los Cítricos en Colombia. Bogotá: El Ministerio y ASOHOFRUCOL, 2002.
 18. CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. Mercado nacional de frutas y hortalizas. Monitoreo de Mercado, 2003. N° 5, 8 p.
 19. United States Department of Agriculture [USDA]/Economic Research Service. 2011a. Agricultural Outlook: Statistical Indicators. In: <http://www.ers.usda.gov/Publications/AgOutlook/AOTables/> (15/11/2011).
 20. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - ECONOMIC RESEARCH SERVICE. Data last updated Feb. 1, 2011. [Citado el 28 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Data/FoodConsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm#fruitfr>.
 21. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - ECONOMIC RESEARCH SERVICE. Changing structure of global food consumption and trade: an introduction. 2011. [Citado el 06 de noviembre de 2011]. Url disponible en: <http://www.ers.usda.gov/>.

Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia

Javier Orlando Orduz-Rodríguez*

Diana M. Mateus Cagua**

Resumen

Los cítricos fueron traídos a Colombia desde los inicios de la Conquista y desde esa época han formado parte de la alimentación de la población. En la actualidad los cítricos (naranja, mandarina, tangelo y limas ácidas) son el segundo frutal más cultivado en el país después del banano que gran parte se cultiva para el mercado de exportación. En las condiciones tropicales del país los cítricos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2.000 msnm. Teniendo en cuenta la modificación de las temperaturas influenciadas por la altitud, para los cítricos se pueden clasificar en trópico bajo, medio y alto, lo que es importante para la selección de las especies y variedades a cultivar. Existen cinco regiones principales en donde se cultivan los cítricos y cada una de ellas presenta diferencias en el manejo de los cultivos. En el documento se presenta la clasificación botánica de los cítricos, la clasificación hortícola de las especies y variedades cultivadas en el país, y finalmente se hace una revisión de los patrones usados para su cultivo. Posteriormente, se presenta información sobre los requerimientos de clima y suelo, y se hacen recomendaciones de manejo agronómico, hortícola y fitosanitario.

Palabras clave: citricultura tropical, boletín técnico, prácticas de manejo, variedades, patrones.

* Ingeniero Agrónomo, PhD.
Centro de Investigación La
Libertad, Corpoica, Villavi-
cencio, Meta.
Correspondencia:
jorduz@corpoica.org.co.

** I. A. Asistente de Investi-
gación. Corpoica, C. I. La
Libertad. Villavicencio

Overview to citrus and agronomic recommendations for cultivating these products in Colombia

Abstract

Citrus were brought to Colombia since the conquest's times and since then they have been a part of the people's diet. In current times citrus (orange, tangerine, tangelo orange and acid limes) are the second most cultivated fruit species in Colombia after bananas, and a big part of the production is intended for foreign markets. In Colombian tropical conditions, citrus are cultivated from the sea level to 2000 meters above. Taking into account the modification of the temperatures influenced by altitude, citrus' crops can be classified in low tropic, mid tropic and high tropic. This classification is important to select the species and varieties intended to cultivate. There are five main regions in which citrus are cultivated, and each one requires a different crop's management. This document introduces the botanical classification of citrus, the horticultural classification of the species and varieties cultivated in Colombia and, finally, a revision to the patterns used for the cultivation is made. Then, information about the weather and soil requirements is provided and recommendations concerning the agronomic, horticultural and phytosanitary management are given.

Key words: Tropical citrus crops, technical bulletin, management practices, varieties, patterns.

Introducción

La producción mundial de cítricos es superior a los 100 millones de toneladas anuales; es el grupo de frutales más cultivado en el país para el consumo interno y el segundo en área después del banano, orientado para el mercado de exportación. En Colombia, los cítricos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2.000 msnm. La Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2010 señala que existen 62.409 ha plantadas con cítricos en el país, de las cuales 51.665 están en monocultivo y 10.743 en cultivos asociados; la principal especie cultivada es la naranja que totaliza 36.943 ha (59.2% del total), de las cuales 30.599 ha son de monocultivo (49% del total) y las restantes 6.383 ha se encuentran asociadas en especial el café. Las 25.466 ha restantes están compuestas por mandarina, tangelo, limas ácidas (pajarito y Tahití), y en menor proporción, la toronja. La producción anual de cítricos

en Colombia puede estar entre ochocientos mil y un millón de toneladas anuales; se presentan amplias diferencias en rendimiento que puede estar entre 10 t ha⁻¹año, en cultivos tradicionales (probablemente menores en los cultivos asociados por ejemplo, con café), a las 40 t ha⁻¹ año, en cultivos tecnificados.

Los cítricos son un cultivo subtropical, pero presentan un buen comportamiento productivo en condiciones tropicales aunque con color de la cáscara y calidades internas de la fruta diferentes a las de las condiciones subtropicales, lo que dificulta su exportación a los mercados de los países desarrollados, con excepción de la toronja y la lima ácida Tahití que obtienen la mejor calidad del fruto en condiciones tropicales.

Los cítricos fueron introducidos desde la Conquista y se han explotado en diferentes regiones del país desde esa época; no obstante, la investigación sobre la tecnificación de su cultivo se inició en la década de 1930 en la granja experimental de Palmira y posteriormente en otros centros de investigación y localidades. Estos aportes se deben a técnicos e investigadores de las diferentes instituciones y universidades durante estos 80 años. En este capítulo se presenta un resumen de la información sobre las generalidades botánicas de los cítricos, y recomendaciones de manejo agronómico y fitosanitario, tanto de la literatura generada en el país como de la internacional. Se ha buscado que la información sea presentada de forma sencilla y con orientación práctica para que les sea de utilidad agricultores, asistentes técnicos, profesores, estudiantes y demás personas interesadas en el cultivo de cítricos en el país.

Principales factores que limitan la productividad de los cítricos en Colombia

Dentro de los factores técnicos y administrativos que limitan el desarrollo y la modernización de la citricultura colombiana, se encuentran: 1). Manejo técnico inadecuado del cultivo 2). Deficiente desarrollo empresarial-administración 3). Altos costos de producción y transporte 4). Escasa participación en el mercado de exportación y en la transformación agroindustrial y 5). Poco o nulo mercadeo para el aumento del consumo interno^{1, 2}.

En Colombia se tienen sobresalientes regiones y explotaciones productoras de cítricos; sin embargo, en el pasado se han presentado dificultades y pérdidas importantes en el establecimiento de los cítricos, además de problemas tecnológicos que no se han podido resolver. Dentro de los más importantes están:

- Deficiente selección de áreas, paisajes y lotes para el cultivo entre los que se encuentran los requerimientos edáficos y climáticos.
- Escaso número de variedades evaluadas en los diferentes pisos térmicos para cada especie, con nulos estudios tecnológicos para eliminar la concentración de la cosecha en las regiones y permitir así la consiguiente disminución de los precios al productor; además de la deficiente calidad sanitaria de las plántulas comercializadas en la mayoría de los viveros.
- Deficiencias en el establecimiento y manejo agrícola y fitosanitario del cultivo, en especial en los primeros años (aplicación de correctivos y fertilización, podas de formación, riego y manejo fitosanitario).
- Altos costos de producción que se encuentran relacionados con el excesivo uso de agroquímicos y de mano de obra, por deficiencias en la mecanización de las labores del cultivo y de la cosecha.

La correcta planificación de cada una de las labores y la toma apropiada de decisiones permitirá la modernización de este sector agrícola de creciente importancia en la economía colombiana. Lo anterior está relacionado con la generación de tecnología para las regiones productoras y la incorporación de procesos de innovación a lo largo de la cadena producción-consumo.

Clasificación de los cítricos

Taxonomía

Los cítricos pertenecen a la familia *Rutaceae* y se encuentran agrupados en la subfamilia *Aurantioideae*. Los géneros más importantes son: *Citrus*, *Poncirus* y *Fortunela*. Las especies del género *Citrus* son las más importantes desde el punto de vista agronómico y representan casi la totalidad de los cítricos cultivados. El género *Citrus* ha sido clasificado por los taxónomos de diferentes maneras. Normalmente se utiliza la clasificación de *Swingle*, aunque algunas especies denominadas por Tanaka³ tienen aceptación. Las especies más conocidas y cultivadas son las siguientes:

Citrus aurantifolia (Christon.) Swing. Conocido en el comercio internacional como lima mejicana, y en Colombia, como limón pajarito o de Castilla, aunque botánicamente es una lima ácida.

Citrus latifolia Tanaka. Lima Tahití

Citrus aurantium L. Naranja amargo

Citrus grandis (L.) Osb. Pummelo

Citrus limon (L.) Burm. Limón verdadero

Citrus paradisi Macf. Toronja o pomelo

Citrus reticulata Blanco. Mandarina

Citrus sinensis (L.) Osb. Naranja dulce

Clasificación hortícola de las variedades de cítricos cultivadas

Los grupos de cítricos de importancia comercial en las diferentes regiones productoras son: las naranjas dulces, las mandarinas, las toronjas, los limones y las limas ácidas.

- **Naranja dulce** (*C. sinensis* (L.) Osbeck)

Es la especie más importante de cítricos, si tenemos en cuenta su producción mundial. Las variedades de naranja dulce se dividen en cuatro grandes grupos.

Grupo Navel

Las variedades de este grupo se caracterizan porque sus flores dan lugar a un doble fruto. El fruto secundario está incluido en el principal y exteriormente recuerda a un ombligo (navel) lo que da nombre al grupo. No se utilizan para agroindustria por su contenido de limonina, que confiere sabor amargo al jugo. En el piedemonte llanero presentan bajos rendimientos y deficiente calidad de la fruta.

Grupo Blancas

Denominadas naranjas redondas o comunes, por la ausencia de ombligo en sus frutos. Este grupo comprende el mayor número de variedades; a escala mundial, es uno de los dos grupos de mayor interés comercial, debido a su demanda para consumo en fresco, y por la posibilidad de ser utilizada en la fabricación de jugos tanto enteros como concentrados.

A este grupo pertenece la naranja Valencia que, con los diferentes clones, es la más cultivada en el mundo. En Colombia se planta desde el nivel del mar a los 1.200 msnm, aunque presenta su mejor comportamiento por debajo de los 800 msnm. Otras variedades del subgrupo blancas son: Hamlin, Salustiana, Natal, Pineapple, Pera del Río, entre otras. Las variedades de este grupo son las que presentan mejor comportamiento en condiciones del trópico medio y cálido.

Grupo Sanguinas

La característica principal de estas variedades es que sus frutos contienen en la pulpa y en la corteza un pigmento rojo, soluble en agua. La inclusión de variedades de otros grupos ha generado una disminución en el cultivo de las variedades sanguinas en los países productores. En Colombia son poco cultivadas. Algunas variedades de este grupo son: Doble fina, Entre fina y Sanguinelli.

- **Mandarinas** (*Creticulata* Blanco; y *C. unshiu* Marc.)

Los cítricos de este grupo están compuestos por numerosas especies, así como híbridos intergenéricos e interespecíficos⁴. El grupo de las mandarinas se caracterizan por tener en común su fácil pelado; son árboles de mediano porte, muy ramificados, flor pequeña, abundante, y con frecuencia presentan tendencia a la alternancia. Debido a su facilidad para el consumo en forma directa, lo atractivo de su presentación, y las ventajas que tiene para la salud el consumo de la fruta completa ha ganado importancia en el mercado de las frutas frescas de la mayoría de las regiones citrícolas del mundo.

Existen varias clasificaciones del grupo de las mandarinas: Swingle⁵ reconoce 3 especies; Tanaka³ reconoce 36; mientras que Davies y Albrigo⁶ dividen el grupo en mandarinos verdaderos (3 subgrupos) y los híbridos de mandarina (naturales y realizados por el hombre).

Grupos de mandarina Satsuma

Botánicamente se clasifican como *Citrus unshiu* Marc.; son plantas adaptadas a las regiones subtropicales de bajas temperaturas, producen frutos pequeños que poseen escaso mercado en los países tropicales, en donde los consumidores prefieren frutas grandes. Algunas de estas son: Okitsu, Satsuma Owari, Clausellina, entre otras.

En este grupo los árboles son de tamaño entre pequeño y mediano, con hábito de crecimiento abierto y pendular. Esto hace que estén bien aireados y reciban bastante luz para producir mandarinas de calidad⁷. Los frutos de la mayoría de los cultivares no tienen semillas. En Colombia su cultivo no presenta importancia comercial, aunque deberían evaluarse en el trópico alto por encima de los 1.500 msnm.

Mandarinas del grupo Mediterráneo

Conocidas también como *Citrus deliciosa*, comprende variedades de la India y del sur de China, bien adaptadas al clima templado mediterráneo.

Algunas variedades conocidas son: “Avena”, “China”, “Willowleaf”, “Común de Argentina”. Aunque en las últimas décadas han perdido importancia, este grupo sigue siendo ampliamente cultivado en Italia y Brasil. Ramírez⁸ la reporta como cultivada en Venezuela, aunque no menciona su importancia ni su comportamiento productivo.

Grupo del mandarino común

C. reticulata Blanco. Es el grupo de mandarinos más cultivados a escala mundial. Son variedades adaptadas a las altas temperaturas y se cultivan en áreas subtropicales y tropicales. La “Dancy” es una variedad muy común en Estados Unidos y se adapta bien en el trópico. Dentro de este grupo también se encuentran las mandarinas del subgrupo de las clementinas; este es el grupo de mayor aumento en producción y consumo en el mercado de exportación de los países desarrollados. En Colombia hay cultivos comerciales de clementinas con resultados preliminares no tan favorables sobre su comportamiento sanitario, rapidez de maduración en el árbol y baja demanda debido a su tamaño, ya que el mercado interno prefiere frutas grandes.

Teniendo en cuenta las características de los árboles, sus hábitos de floración y las características de los frutos, se cree que las variedades sembradas en Colombia se clasifican en este grupo en el cual también se encuentra la mandarina arrayana.

Híbridos de mandarino

Este grupo está compuesto por híbridos naturales con apariencia de mandarina en sus frutos como los tangor (híbridos entre naranja y mandarina; *C. sinensis* x *C. reticulata*); dentro de este grupo los más conocidos son la mandarina Temple y el tangor Murcott, cultivados en la actualidad en Florida. En este grupo se encuentran los tangelos Orlando y Minneola (cruce de *C. reticulata* x *C. paradisi*), plantados en Colombia, aunque en las últimas dos décadas este último ha perdido interés debido a su susceptibilidad a Alternaria.

- **Toronja** (*C. paradisi* Macf.)

La toronja (*C. paradisi* Macf.) es conocida también como pomelo. Parece ser que no es una especie verdadera sino un híbrido natural entre el pummelo y la naranja dulce⁹. El principal productor y consumidor es Estados Unidos. Tiene altas exigencias en calor y su cultivo se circunscribe a las regiones tropicales y subtropicales húmedas. Existen dos tipos de toronja: las de carne blanca, de las cuales las variedades más conocidas son Duncan y Marsh; y las de carne rosada o roja, dentro de los cuales están Star Ruby, Red Blush, Río, entre otras.

- **Limas ácidas** (*C. aurantifolia* L. y *C. latifolia* Tanaka)

Son cultivos de origen tropical y es en el trópico donde presentan su mejor comportamiento en producción y calidad. De todas las especies cítricas cultivadas son las más susceptibles a heladas¹⁰. Existen dos especies que se cultivan en Colombia: el limón pajarito o de Castilla (*C. aurantifolia* L.); y la lima Tahití (*C. latifolia* Tanaka). Esta última presenta una buena demanda en el mercado internacional y buenos precios en el mercado interno, mientras que el pajarito posee demanda solo en los mercados regionales debido a su rápido deterioro en poscosecha.

Copas y patrones en Colombia

En el pasado, los árboles de cítricos fueron multiplicados por sus semillas. Estos árboles sin injertar se conocen como francos. Las plantas francas presentan un largo período de juvenilidad que puede durar entre 7 y hasta más de 10 años. En este periodo las plantas son vigorosas, desarrollan espinas, no florecen y son improductivas. Además, son susceptibles a los ataques de hongos y otros problemas sanitarios; también, en caso de cultivares con bajas tasas de embrionía nucelar, las plantas pueden ser diferentes a los parentales.

Teniendo en cuenta que en la citricultura moderna es necesario un rápido retorno de la inversión, este tipo de cultivos ya no presentan interés para los productores, por lo que se encuentran solo en pequeños huertos de autoconsumo.

El injerto es una forma particular de reproducción asexual, que se utiliza en gran escala en la citricultura. En esta técnica se unen segmentos de la planta madre (yema que conformará la copa) sobre tallos de plantas receptoras más resistentes (patrón o porta injerto) de la misma especie o de una muy cercana. Contrario a lo que sucede en las plantas propagadas por semillas, las plantas propagadas por injerto reproducen, por medio de la duplicación del ADN, toda la información genética de la planta progenitora. Estos individuos con características uniformes son conocidos como clones, y en horticultura se igualan a una variedad.

Variedad o Copa

Hace referencia a la parte aérea de la planta que posee valor agronómico y que se quiere cultivar; en este caso nos referimos a las variedades de naranjas, mandarinas, limas (pues en Colombia no se siembran limones verdaderos en forma comercial) o híbridos. La selección de la variedad a injertar debe

ir acorde con la región en la que será establecido el cultivo, así como con las condiciones ambientales y edáficas, y la demanda del mercado.

Colombia es un país tropical, en el que se encuentran árboles cítricos en producción en zonas desde el nivel del mar hasta el límite superior de la zona cafetera^{11, 12}. No todas las variedades se adaptan a las diferentes condiciones que se pueden presentar en las zonas citrícolas del país. A continuación se presenta una revisión de las variedades y patrones cultivados en el país.

Las variedades más cultivadas comercialmente en Colombia son: en naranjas, diferentes clones de Valencia, la Sweety, y con menor área la Salustiana, la Frost Washington y algunas selecciones de materiales regionales; las mandarinas Oneco y Arrayana, y en menor escala, la Clementina y Dancy; en limas ácidas, el limón Pajarito, y la lima Tahití; en tangelo, el Minneola y el Orlando.

Sin embargo, estas no son las únicas variedades cultivadas. En el territorio nacional hay más de 20 materiales de naranja, 10 materiales de híbridos y 10 de mandarina que han sido evaluados para copa, y más de 10 variedades como patrones.

Naranja

El grupo de naranjas blancas, también llamado redondas, ha sido el grupo de naranjas con mejor comportamiento en el trópico. Son plantadas en las diferentes regiones del país teniendo en cuenta que esta fruta es la que presenta la mayor demanda tanto para el consumo en fresco como de jugos caseros.

Dentro de este grupo encontramos la naranja Valencia; esta es la naranja dulce tardía más cultivada en las principales regiones citrícolas del mundo y en Colombia. Ríos, G. *et al.*¹³ afirman que en el suroccidente y en el Eje Cafetero, el 83% del área cultivada en naranja corresponde a Valencia, y el 27% restante, a otras variedades como la Sweety y Salustiana (entre otras); también es la variedad de naranja que más se cultiva en el piedemonte llanero. De acuerdo con la encuesta nacional agropecuaria ENA, en el año 2010 el área establecida en el Meta era de 6.277 ha en naranja. Se estima que de estas, el 90% corresponde a Valencia y el 10% restante a otras variedades, mientras que en la zona bananera y Aracataca (región centro del Caribe colombiano), Páez, *et al.*¹⁴, afirmaron que esta variedad (Valencia) ocupaba el segundo lugar con 28.6% del área sembrada, el primer lugar correspondía a Margaritera (clon criollo) con el 50%, el 7.1% a ombligonas y el 14.3% a otras.

En la **tabla 1**, se presenta la influencia de la selección del genotipo de naranja en condiciones tropicales con alta acumulación de unidades de calor acumuladas al año que es de 4930 para el piedemonte del Meta. Se considera que el 0 biológico de los cítricos es de 12.5° C, por lo que las temperaturas medias diarias por encima de esa temperatura se acumulan en el año. Como comparación se puede mencionar que Valencia en España acumula 1.600 uc al año¹⁵.

Tabla 1. Producción acumulada de 5 cosechas (Kg árbol-1) de cultivares de naranja en el C.I. La Libertad. Villavicencio*

Cultivar	Producción acumulada	Cultivar	Producción acumulada
Cuban Queen	145,3	Lerma	49,4
Pera de Río	131,7	Pinneapple	42,9
Pinneapple II	114,6	Nativa Naranjal	42,9
Enterprise	114,1	Rico	34,6
Salerma	95,3	Salustiana	29,8
Naranjal Excelente	91,9	S.R. 7	29,0
Madame Vinois	89,1	García Valencia	28,9
Galicia	81,8	V. Washington II	22,5
Hamlin	78,7	V. Washington	9,2
Naranjal Ombligona	77,5	Atwood navel	3,5
Palmira Ruby	77,0	Lane late	0
Parson Brown	64,4	Moro Blood	0
S.R. 8	62,5	Jaffa	0

*Patrón: mandarina Cleopatra
S.R. Selecciones regionales

Se considera que las plantas por encima de 80 Kg por árbol presentan buena adaptación, mientras que los de un rendimiento menor pueden tener interés en el trópico medio incluyendo las naranjas de ombligo. En la evaluación se identificaron tres variedades que no produjeron frutos, lo que corrobora la escasa adaptación de naranjas comunes en su cultivo en Israel o España.

Adicionalmente se han evaluado diferentes variedades de naranja en el país. Actualmente hay registro de experimentos ejecutados en la región Caribe, en Caicedonia (Valle del Cauca) y en el Piedemonte del Meta, que tienen el fin de seleccionar materiales promisorios que permitan ampliar la época de cosecha con el desarrollo de nuevas variedades para los diferentes pisos térmicos.

En la **tabla 2**, puede apreciarse que las variedades evaluadas en Caicedonia estuvieron por encima de los estándares de calidad aceptable (**tabla 3**) para la industria en grados Brix y acidez; aunque el contenido de jugo estuvo un poco bajo en las variedades Pera del Río, Galicia y Lerma.

Tabla 2. Análisis de calidad de diferentes variedades de naranjas en pruebas regionales Granja Venecia. Caicedonia (Valle del Cauca)

Cultivar	% Jugo	°Brix	% Acidez	Ratio
Salustiana	45	10.6	0.9	11.7
Haffa	43	10.2	1.0	10.2
Hamlin Nucelar	49	10.5	0.8	12.5
Pera del Rio	35	9.3	0.5	17.5
Galicia	38	9.2	0.5	18.4
Lerma	35	9.6	0.6	15.2

Fuente: Caicedo, A.; et al¹⁶

Tabla 3. Características de calidad para naranjas, tangelos y mandarinas

Sólidos solubles (°Brix)	%	Acidez	%	Jugo	%
Excelente	> 12	Excelente	> 1.25	Excelente	> 55
Muy bueno	11	Muy bueno	1.00	Muy bueno	50
Bueno	10	Bueno	0.75	Bueno	45
Corriente	9	Corriente	0.50	Corriente	40
Pobre	< 8	Pobre	< 0.25	Pobre	< 35

Fuente: Caicedo, A.; et al¹⁶

Mandarinas

El número de variedades de mandarina es reducido para algunas zonas del país, ya que las variedades por lo general son muy específicas en los requerimientos climáticos para producir y obtener frutos de buena calidad.

En este contexto encontramos los rangos de adaptación de algunos materiales de mandarina disponibles para ser plantadas en Colombia:

Tabla 4. Variedades de mandarina disponibles para ser cultivadas en Colombia.

Mandarina	Adaptación (msnm)
Dancy	400-1100
Oneco	600-1500
Arrayana	400-1200
Satsuma	1000-1500
Clementina	1000-1600
Reina	400-1100
Satsuma	800-1500
Común o China	800-2000

Fuente: Corrales¹⁷

Dancy, Oneco, Reina, Arrayana y Común son las principales variedades cultivadas en Santander. En el 2004 este departamento se situaba en el primer lugar como productor de mandarina común en Colombia con cerca de 4.200 hectáreas sembradas¹⁸ y solo 77 hectáreas en Arrayana. Más del 95% del área plantada con mandarina en el piedemonte llanero es de la variedad Arrayana, mientras que el 5% restante son de cultivares criollos y Oneco. Esta última variedad es la dominante en todo el occidente colombiano en especial en la citricultura de Antioquia, Valle y Eje Cafetero.

Las observaciones realizadas en el C. I. La Libertad (piedemonte del Meta) muestran que Satsuma, Ponkan California y Oneco presentan problemas en la calidad externa del fruto; su rango de adaptación es limitado y no son recomendadas en condiciones de trópico bajo, mientras que Dancy ha mostrado muy buena adaptación a estas condiciones con el mejor rendimiento por planta y con buena calidad de fruta. En la **tabla 5** se presentan los resultados

de 6 cosechas (2000-2009) para este material, contrastado con la variedad regional (ambas injertadas sobre Cleopatra). (figura 1).



Figura 1. Plantas y frutos de mandarina Arrayana (A) y mandarina Dancy (B), en lotes experimentales del Centro de Investigación La Libertad (Villavicencio, Meta).

Tabla 5. Rendimiento anual (Kg/ árbol) y características del fruto de dos variedades evaluadas en el piedemonte del Meta. Promedio de 6 cosechas

Variedad	Kg/árbol	t/ha (250 plantas/ha)	°Brix	SST/ATT	% Jugo
Arrayana	75.7	18.9	8.13	13.5	39
Dancy	91	22.8	8	11.9	38

El mercado de las mandarinas comparado con el de los demás frutos cítricos es el de mayor aumento en el ámbito mundial, debido a su facilidad de pelado, sabor y contenido nutricional. El país debe ampliar su área plantada con mandarinas en los próximos años; sin embargo, es conveniente que estos cultivos sean realizados con nuevas variedades que preferiblemente presenten

la cosecha en una época complementaria a las variedades usadas en la actualidad, con el fin de evitar la sobreoferta de fruta y la consiguiente disminución de precios para los productores.

Tangelo

Las principales variedades de tangelo cultivadas en Colombia son: Minneola y Orlando. Estas pueden ser sembradas desde los 0 hasta los 1.400 msnm. De Minneola se han reportado rendimientos de cerca 13 t ha⁻¹ en condiciones del piedemonte del Meta¹⁹ y valores semejantes en Antioquia por Agronet con 10 t ha⁻¹, mientras que en Lejanías (Meta) se han obtenido producciones comerciales por encima de 50 t ha⁻¹.

Una de las principales limitantes para el cultivo del tangelo Minneola es la enfermedad causada por *Alternaria sp.* La susceptibilidad de este híbrido ha ocasionado la eliminación de cerca de 3.000 hectáreas de tangelo Minneola, en la zona del centro occidente del país²⁰.

El tangelo es de los pocos cítricos que requieren polinización cruzada y, por tanto, necesita el establecimiento de plantas polinizadoras dentro del huerto. En los Llanos se utiliza la mandarina Arrayana, aunque es probable que se puedan utilizar otras variedades. Se recomienda el uso de una fila de mandarina cada 8 o 10 filas de tangelo; esta distribución debe ser realizada en la fase de planeación previa al establecimiento del cultivo.

Limonos y limas ácidas

En Colombia se cultivan poco los limones verdaderos (*C. limon*); los cultivos plantados, si bien se conocen como limones pertenecen al grupo de limas ácidas, dentro de las que están el limón pajarito y la lima ácida Tahití como los más cultivados. Las producciones de estos cultivos están entre 15 y 40 t ha⁻¹.

La lima Tahití fue introducida a Colombia en Palmira (Valle) en 1941. Sus frutos no producen semilla debido a que es un triploide y no produce polen viable. Es de color verde entre mediano y oscuro, de forma semi-redonda a ovalada, su peso varía entre 50 y 100 g. Aunque se caracteriza por su alta productividad y precocidad, ha tenido serios problemas fitosanitarios con CTV (virus de la tristeza de los cítricos). En condiciones del piedemonte del Meta, Quiroga *et al.*²¹, afirmaron que del sexto año de establecido el cultivo al año número 11, la incidencia de CTV pasó del 16.5% al 100% y la severidad del 29.4% al 84%. Estos problemas fitosanitarios han reducido el ciclo de vida de las plantas de 20 años (ciclo productivo de una plantación en buen estado fitosanitario) a 8 años, afectando gravemente la economía del cultivo.

Actualmente el C.I. Palmira ha implementado la técnica de micro-injerto de ápices caulinares, yemas libres de virus de la tristeza (CTV), las cuales han sido distribuidas a viveristas registrados de diferentes regiones del país.

Patrones

El patrón influye sobre 20 o más características frutícolas dentro de las que están: altura, vigor y enraizamiento de la planta; la tolerancia a los factores abióticos como déficit hídrico, bajas temperaturas, salinidad, acidez de los suelos o exceso de agua; la resistencia o tolerancia a enfermedades tales como las enfermedades sistémicas (CTV, ECV, Psoriasis y Caquezia) o *Phytophthora*; y rendimiento de fruta, tamaño, textura, calidad interna y fecha de madurez²².

Wutscher y Bistline²³ mencionan que la selección de los patrones ha contribuido, quizá más que ningún otro factor, al éxito o al fracaso de la industria cítrica en cualquier región del mundo. La selección del patrón a utilizar es de gran importancia en el establecimiento del cultivo, pues es el patrón quien aporta el sistema radicular de la planta y este es el responsable de la absorción y transporte de nutrientes. Los patrones son los que soportan las condiciones particulares del suelo (contribuyendo o no a la adaptación de variedades), y pueden conferir tolerancia o resistencia a hongos y a enfermedades sistémicas ocasionadas por virus o viroides²⁴.

De acuerdo con Jaramillo²⁵, entre 1932 y 1941 se realizaron las primeras recomendaciones de patrones para cítricos dentro de las que estaban el naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) y el limón rugoso (*C. jambhiri* Lush); hacia 1951 se inician los estudios con mandarina Cleopatra y en 1955 se hace la introducción de Citrange Troyer. En la década de 1970 se inicia la evaluación de patrones en los centros de investigación de Palmira, Medellín (Tulio Ospina) y Espinal (Nataima); y a partir de 1997 en el C.I. La Libertad en Villavicencio.

A continuación se mencionan las principales características de los patrones más usados en la citricultura colombiana.

Mandarina Cleopatra. Es tolerante a *Phytophthora*, xiloporosis, psorosis y exocortis. Se destaca por su resistencia a la alcalinidad y salinidad del suelo, también por su tolerancia a la sequía y exceso de agua; promueve frutos de buena calidad y un buen desarrollo vegetativo de la copa. Su particularidad de inducir tardía entrada en producción, debido a su desarrollo radicular y reducción del tamaño del fruto en plantas adultas, señala la necesidad de desarrollar otros patrones que superen los limitantes de Cleopatra.

Limón Volkameriana (*Citrus volkameriana* Pasquale). Es muy vigoroso, es tolerante a enfermedades de los cítricos como *Phytophthora*, CTV, caquezia y exocortis. Induce copas productivas aunque la calidad de la fruta es inferior a las copas injertadas sobre otros patrones. Es el más usado en Colombia para la producción de la lima Tahití debido a su rápida entrada en producción, pero le proporciona un color verde pálido a la fruta lo que limita su demanda para el mercado de exportación que busca preferen el color de la corteza verde intenso.

Sunki x English (SxE). Es un híbrido intergenérico de *C. sunki* Hort. ex Tan. x *P. trifoliata* (L.) Raf., evaluado y utilizado primordialmente en condiciones nacionales. Es de porte medio y buena eficiencia productiva. En el piedemonte llanero ha tenido sobresaliente comportamiento con naranja Valencia y ha sido uno de los mejores con el tangelo Minneola.

Sunki x Jacobson (SxJ). Al igual que el anterior es un híbrido intergenérico; es un patrón con características parecidas a las del SxE, que permanece en evaluación tanto en la zona cafetera como en los llanos orientales.

Estos dos híbridos constituyen los portainjertos más resistentes a *Phytophthora* probados en Colombia, aunque son susceptibles a exocortis y a suelos salinos.

Lima Rangpur (denominado por Webber *Citrus limonia* Osbeck y, por Swingle *Citrus reticulata* var. *austera*). En Brasil, donde es ampliamente utilizada, es conocida por ‘limao Cravo’. Este patrón induce generalmente en los cultivares alto vigor y producción. Aunque es tolerante a CTV (puede ser susceptible a razas severas), es susceptible a *Phytophthora*, exocortis y xiloporosis; se le considera como resistente a la sequía.

Citranges. Son híbridos del cruce de naranja Washington navel (*Citrus sinensis*) x naranja trifoliada (*Poncirus trifoliata*). Los más conocidos en la actualidad son “Carrizo” y “Troyer”. En general, las variedades injertadas sobre ellos son vigorosas, de rápido desarrollo y tamaño uniforme, mejoran el tamaño y acidez del fruto; son susceptibles a presentar deficiencia de zinc debido a la distribución de su sistema radical (esto es característico de los patrones que provienen de la naranja trifoliada).

Citrumelos. Son híbridos del cruce naranja trifoliada x pomelo (*Citrus paradisi*). El más representativo en el país es el citrumelo Swingle (también conocido como CPB 4475). Es tolerante a tristeza, xiloporosis y Armillaria y resistente a *Phytophthora*, pero susceptible a exocortis y a suelos salinos. Se adapta bien a suelos arenosos o limosos.

Otras variedades de naranja trifoliata que han sido estudiadas en Colombia como patrón son: **Trifoliado Rich 21-3, Kryder 15-3 y English Large**. Estos materiales inducen un enanismo moderado en las copas injertadas sobre ellos. Son tolerantes a tristeza, psorosis, xiloporosis y *Phytophthora*. No se adaptan a suelos salinos.

De acuerdo con el efecto de diferentes patrones sobre el porte de los árboles Corrales¹⁷ y Arango *et al.*²⁶ los clasifican en: 1. *Porte alto*: limón rugoso, Cleopatra, Volkameriana, lima Rangpur, naranja nativa; 2. *Porte medio*: Troyer, Carrizo, SxE, SxJ, CPB 4475; 3. *Porte bajo*: Flying dragón, trifoliado Rich 21-3, Kryder 15-3 y English large.

En la zona cafetera se reporta que S x E, Lima Rangpur, S x J, Volkameriana y Cleopatra fueron los patrones (de 13 evaluados) que indujeron mayor producción en naranja García Valencia (con valores promedio entre 234.7 Kg árbol⁻¹ y 202.4 Kg árbol⁻¹). En este estudio se observó que los árboles de porte bajo y mejor volumen eran más eficientes, aunque presentaban menor producción que los de gran porte. En este sentido se podrían trabajar densidades mayores por hectárea para obtener una producción considerable por superficie^{27, 28}. En cuanto a la calidad de fruto, las plantas injertadas en Troyer tuvieron los valores más altos en °Brix (11.3). También presentaron buen comportamiento el citrange Carrizo y los trifoliados en general (de 10.4 a 9). Otro estudio realizado por Cardona (1995) en el trópico medio de Colombia tuvo resultados similares siendo CPB 4475, Troyer y Carrizo los de valores más altos de calidad, mientras que en Volkameriana y L. rugoso se presentaron los valores más bajos.

La evaluación de portainjertos en el piedemonte del Meta para mandarina Arrayana²⁹, ha dejado los siguientes resultados: CPB 4475 fue el patrón con mayor producción de frutos acumulada, seguido de Volkameriana y SxE. Igual orden se presentó en la evaluación de eficiencia productiva. En cuanto a calidad de fruta, todos los patrones evaluados mostraron valores similares, con excepción de Volkameriana el cual indujo menor calidad en contenido de SST. Por otro lado, el mayor tamaño de fruto se obtuvo con Volkameriana y CPB 4475 seguido de SxE, mientras que Cleopatra presentó el menor tamaño.

La mandarina Oneco fue evaluada sobre 8 patrones en la zona central cafetera; en este experimento se obtuvieron los siguientes resultados: SxE, Kryder y Carrizo presentaron los mayores promedios de producción, mientras que Kryder y Rich 21-3 presentaron la mejor eficiencia

productiva (correspondientes a patrones de bajo porte). Los portainjertos tradicionales limón rugoso y Cleopatra presentaron altas tasas de crecimiento vertical provocando copas de alto porte, muy voluminosas y con baja eficiencia productiva; contrario a la respuesta generada por los trifoliolados Kryder y Rich 21-3 que presentaron portes medio-bajos con producciones intermedias.

En lima Tahití, de los 8 patrones evaluados: Volkameriana, limón rugoso y l. Rangpur presentaron los mayores promedios de producción por planta en condiciones del Eje Cafetero, mientras que con Rich 21-3 se obtiene la mayor eficiencia productiva y un porte medio a bajo en volumen de copa. En el piedemonte del Meta Volkameriana y SxE inducen mayor precocidad en producción. Sin embargo, se ha observado que el segundo produce fruto de color verde más intenso, lo cual puede ser de interés para el mercado de exportación.

Estos resultados confirman la interacción copa-patrón, y la influencia del patrón en las características de desarrollo vegetativo y productivo. En la **tabla 6**, se encuentra las principales combinaciones copa/patrón utilizadas en programas de injertación en Colombia.

Tabla 6. Combinaciones copa/patrón en programas de injertación de Colombia.

Patrón Copa	Naranjas	Mandarinas	Limones	Tangelos	Toronjas
Citrumelo CPB 4475	x			x	x
Citrange Carrizo	x	x	x	x	
Citrange Troyer	x	x	x	x	
S x E	x	x	x	x	
Mandarina Cleopatra		x		x	x
Limón Volkameriana	x		x		
Kryder 15-3		x			
Lima Rangpur	x	x	x		x
Limón Rugoso	x		x		

Fuente: Ríos³⁰

Condiciones Edafoclimáticas

Clima

Si bien las principales regiones productoras de cítricos se encuentran ubicadas en el subtrópico, entre los 23,5 y 40° de latitud en ambos hemisferios (estas regiones se conocen como los cinturones citrícolas del mundo), las condiciones ambientales del trópico presentan características favorables para su crecimiento, desarrollo, producción y calidad de la fruta.

El trópico es la región ubicada entre los 23,5° de latitud norte y sur. De acuerdo con Orduz³¹, dependiendo de la altitud de la región en la que se encuentre, este se clasifica en trópico alto (1500 a 2000 msnm), medio (800 a 1500 msnm) o bajo (0 a 700 msnm).

Los factores ambientales relacionados con la región climática en la que se encuentre el cultivo tienen gran influencia sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cítricos. Estos son responsables en su mayor parte de la diversidad de las cifras en producción de las plantaciones maduras, que pueden ser tan altas como las 100 toneladas ha⁻¹ de las zonas subtropicales o tan bajas como las 15 toneladas ha⁻¹ de las tropicales⁶.

Las condiciones fisiográficas en Colombia proporcionan gran diversidad de microclimas que deben ser tenidos en cuenta durante las actividades agronómicas. En frutales perennes se considera que este factor es más crítico que cualquier otro, pues el manejo tecnológico del cultivo puede ajustarse hasta cierto punto, pero las condiciones ambientales (precipitación, temperaturas medias – máximas y mínimas- entre otras) no pueden ser controladas por el hombre.

En Colombia, los cítricos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2.100 m^{11, 12}, aunque tienen importancia comercial hasta los 1.500-1.600 msnm. Las temperaturas óptimas para cítricos en general en Colombia están entre los 18 y 30°C, eligiendo para climas medios las variedades tempranas en las regiones subtropicales, y en las cálidas, las variedades tardías. Lo anterior señala que la selección de variedades (copas) y patrones debe realizarse con base en sus requerimientos climáticos y edáficos, preferiblemente con evaluaciones realizadas en condiciones ambientales cercanas a los sitios de cultivo.

Se considera que para las regiones tropicales el principal factor inductor de la floración es el estrés hídrico; el período de desarrollo desde la flor hasta el fruto maduro puede ser de 8-9 meses para naranja Valencia en condiciones del

trópico bajo de Colombia, mientras que en climas continentales de California pueden durar hasta 16 meses. Las condiciones ambientales influyen sobre la intensidad, duración y distribución de la floración (en climas monomodales generalmente se presenta una floración principal al año, mientras que en bimodales dos principales, pudiéndose presentar otras menores, dependiendo de las condiciones climáticas del periodo de observación).

Suelo

Luego de seleccionar la región en la que se establecerá el cultivo de cítricos teniendo en cuenta las condiciones ambientales ya mencionadas, es necesario hacer un análisis de las características y propiedades del suelo, con el fin de determinar qué tratamiento específico es necesario realizar previo al trasplante y si es rentable o no hacerlo, pues aunque los cítricos se adaptan a amplias condiciones, no significa que lo hagan de forma óptima en cada una de ellas.

Muchas de las dificultades que se han presentado a escala nacional en la mayoría de los cultivos frutales se deben a que la planificación de las actividades no se hace con base en los diagnósticos edáficos específicos para la localidad y la variedad, sino que prevalece la práctica cultural tradicional, que finalmente se ve reflejada en los bajos rendimientos o, inclusive, la pérdida total del cultivo.

Al momento de analizar las características edáficas, las propiedades físicas son más importantes que las químicas, pues son más difíciles de modificar. Las condiciones edáficas ideales para un cultivo de cítricos son: que tenga textura limo-arenosa, que sea bien drenado y profundo; la permeabilidad y la profundidad efectiva son dos factores muy importantes.

Las raíces pueden profundizar hasta aproximadamente 6m y desplazarse en un radio similar (**figura 2**). Sin embargo, las raíces absorbentes se encuentran superficialmente entre los 0 y 30 cm de profundidad, razón por la cual la zona de plateo debe ser cuidadosamente tratada; debe evitarse el crecimiento de arvenses que puedan competir con las raíces del cultivo en la absorción de nutrientes, y de capas endurecidas que puedan impedir el crecimiento de la raíz, proporcionando mal anclaje y deficiente absorción de agua y elementos minerales.

La humedad del suelo es determinante en el desarrollo de las raíces. Esta permite que sus funciones básicas fundamentales, como respiración, transporte de nutrientes, almacenamiento de carbohidratos, etc., se lleven a cabo con normalidad; es importante que las demandas de humedad sean suplidas, ya sea por la retención natural del suelo (lo cual ocurre con un suelo de per-

meabilidad adecuada) o por medio de la aplicación de riego. El encharcamiento continuo es uno de los principales enemigos de la planta cítrica y debe ser uno de los factores a considerar en la selección del lote seleccionado para establecer el cultivo.



Figura 2. Perfil de suelo y distribución de raíces en un lote de mandarina Arrayana de 14 años en el C.I. La Libertad, Piedemonte del Meta.

Ya que la citricultura es una actividad de largo plazo y que requiere importantes inversiones de capital, es fundamental que antes de establecer el cultivo se haga una adecuada planeación de las actividades de la inversión. Los factores a tener en cuenta antes del establecimiento del huerto pueden agruparse en tres: *estudio de mercados, condiciones ambientales y aspectos técnicos*. Estos tres factores están profundamente ligados y no debería omitirse ninguno de ellos.

Dentro de los aspectos técnicos del cultivo relacionados específicamente con la planeación del cultivo están:

1. Análisis de química y física de suelos, complementado con estudios de altimetría, profundidad efectiva, capas endurecidas y características del perfil del suelo. Lo anterior se puede hacer realizando calicatas y cajuelas en el lote seleccionado y tomando muestras de suelo para su análisis de laboratorio; su número depende del tamaño de la plantación y de la heterogeneidad de los suelos. Esta información permitirá tomar decisiones para el manejo de suelo (aplicación de correctivos, fertilizantes, uso de maquinaria, etc.), y las labores a realizar antes del trasplante del cultivo

2. Selección de la variedad y patrón a utilizar: en este análisis se deben incluir las características de los mercados, calidad del fruto en la región, requerimientos para la cosecha y poscosecha, época de recolección, requerimientos climáticos y edáficos, combinación variedad-patrón, precocidad, etc.

3. Propagación de las plantas

La multiplicación de las variedades de cítricos se hace por medio de la injertación. Este procedimiento permite prevenir y controlar determinadas enfermedades (debido a la tolerancia del patrón), asegurar la transmisión de caracteres agronómicos y genéticos, y acelerar el inicio de la etapa productiva al eliminar la fase juvenil de la planta.

Lo recomendable para la producción de plantas es encargárselas en un vivero de las más altas calidades técnicas. Los viveros obtienen semillas de patrones de plantas madre de la especie o híbrido seleccionado. Las semillas se siembran en el semillero; después de germinadas se seleccionan por el tipo de planta, conformación de la raíz y estado sanitario; las plántulas seleccionadas se ponen en las bolsas de vivero. En esta etapa se fertilizan, deschuponan y se seleccionan para realizar la injertación (cuando las plantas a los 30 cm tienen el grosor de un lápiz). Las yemas a injertar deben tomarse de ramas de segundo crecimiento de árboles madre, preferiblemente del programa de certificación; estos deben ser precoces, productivos y de sobresaliente calidad de la fruta. El tamaño del patrón para injertar puede obtenerse 6-8 meses después de ser sembrado en el germinador; el tipo de injerto utilizado en la citricultura es el de "T" invertida. Una vez se ha injertado la yema (25-30 cm sobre el nivel del suelo), la herida debe ser sujeta con cinta impermeable para evitar que se humedezca. El proceso de prendimiento puede tardar entre 20 y 30 días, después de los cuales se quita la cinta y se procede a las labores de deschuponado y de cuidado del injerto. El uso de cintas biodegradables es una alternativa útil. Se debe evitar en el trasplante hacerlo con plantas de mucho tiempo en vivero y se debe realizar corte de las raíces basales que se hayan deformado en el vivero.

4. *Densidades y sistema de plantación.* La citricultura moderna tiene como objetivo maximizar el potencial productivo del cultivo por superficie en un período mínimo de tiempo. El diseño de plantación es un elemento importante para llevar al cumplimiento de dicho objetivo.

La densidad y diseño de plantación están en función de la especie y variedad (su tamaño potencial, vigor de la planta, características climáticas, y

del periodo productivo), de la interacción variedad-patrón, de la topografía del terreno, las labores de mecanización y aun del tipo de proyecto a establecer.

En Colombia, las distancias de plantación han sido seleccionadas de forma empírica, y en algunas localidades se sigue usando el arreglo cuadrado o tresbolillo, que no favorece la mecanización y por tanto se aumentan los costos de producción. Los arreglos más apropiados son los rectangulares, los que se modifican de acuerdo con la especie, la variedad y el patrón. En el piedemonte del Meta se ha plantado mandarina Arrayana a 8 x 5 m (250 plantas ha⁻¹) y 8 x 6 m (208 plantas ha⁻¹), esta distancia también es utilizada en cultivos de naranja y lima Tahití; mientras que tangelo Minneola ha sido establecido a distancias de 9 x 7 m (148 plantas ha⁻¹), todos injertados con mandarina Cleopatra; en otras regiones del país las distancias varían por la topografía, patrones, fertilidad del suelo y tradición. En la actualidad se tienen experimentos con patrones y con distancias de plantación en el piedemonte llanero lo que permitirá saber hasta qué punto se puede aumentar las densidades para cada cultivo en esta región y de esta forma aumentar las producciones por hectárea.

En las zonas de ladera se utilizan plantaciones en curvas a nivel; se aconseja sembrar, además, bajo el sistema de tresbolillo como protección para el suelo³².

En el diseño de la plantación deben considerarse el trazado de las vías de acceso y de regreso de la maquinaria, los canales de riego y drenaje; además de tener en cuenta los tamaños de los bloques, calculando la facilidad y costos del movimiento de la fruta y de los insumos.

5. *Preparación del suelo.* La preparación del terreno depende de las características físicas y químicas del terreno. Si el huerto está ubicado en un lote plano, se puede usar el diseño de preferencia, en cuadrado o rectángulo, facilitando las labores de mecanización; sin embargo, si el terreno es inclinado el trazo debe hacerse en curvas a nivel. La preparación física puede incluir desde desbroce y cincelada profunda, hasta arada o rastrillada, dependiendo de las características del terreno. Estas operaciones pueden ser complementadas con el control de malezas con herbicidas sistémicos.

Durante la preparación se aplicarán los correctivos y fertilizantes que el análisis de suelos (realizado previamente) haya señalado como necesarios. En el caso de los suelos ácidos, los correctivos deben aplicarse con regularidad en el cultivo, teniendo en cuenta la alta extracción que realiza la planta cítrica en especial de Ca.

6. *Trasplante*: Debe realizarse con el inicio de las lluvias, aunque la disponibilidad de riego permitirá realizar esta labor en cualquier época del año. Una vez ubicadas las plantas en los sitios de plantación, se retira la bolsa y se ubica la planta en el centro del hoyo (de 40x40x40 cm, estas dimensiones pueden variar en relación con las características del suelo), procurando que el cuello quede unos 5-10 cm por encima de la superficie. En esta fase se utilizan abonos compuestos de N, P, K, con relaciones 3:1:3 y con elementos menores que contengan B, Zn, y Cu. Adicionalmente, los cítricos responden favorablemente a la aplicación de materia orgánica.

Manejo del cultivo

Fertilización

El objeto de la fertilización es suplir los nutrientes que faltan en el suelo, mejorar la producción por árbol, y restituir los elementos minerales extraídos por el cultivo. Para lograrlo se debe tener en cuenta: la producción de fruta (calidad, cantidad), edad de la plantación, número de árboles y manejo general de la plantación, con el fin de determinar dosis y fuentes a aplicar. Además de la disminución de los rendimientos, las deficiencias nutricionales ocasionan defectos de calidad (externa e interna) de la fruta, con las consiguientes dificultades en la comercialización de los frutos.

Para estimar la disponibilidad de nutrientes del cultivo se usan los análisis de suelo; uno, antes del establecimiento para calcular la cantidad de enmiendas y correctivos, y luego, en el transcurso del cultivo, se hace análisis de suelos cada 2-3 años, y foliares, cada año (preferiblemente después de floración). Lo anterior debe ser complementado con diagnóstico visual y los registros de producciones y fertilización de los años previos.

Dependiendo de la cantidad de nutrientes minerales requeridos para el crecimiento de las plantas, cuyos valores totales varían desde gramos a miligramos por Kg de materia seca, son clasificados como: 1. macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), y 2. Micronutrientes: hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), cloro (Cl), molibdeno (Mo) y níquel (Ni).

Las variedades y patrones de cítricos tienen diferentes necesidades y capacidades para tomar los nutrientes del suelo. Los árboles sobre patrones que no están muy bien adaptados al suelo donde son plantados son frecuentemente más afectados por deficiencias nutricionales que los árboles injertados sobre patrones bien adaptados³³.

A continuación, algunas características generales de los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas y los principales síntomas ante deficiencia^{18, 34, 35}.

Nitrógeno: tiene una gran influencia sobre el crecimiento, floración y producción en cítricos. Tiene influencia sobre el crecimiento vegetativo y la floración, es absorbido durante todo el año, aunque su demanda es mayor en la época de fructificación. *Síntomas de deficiencia:* hojas color amarillo pálido o verde amarillento. Disminución en producción y en el tamaño de los frutos, cáscara más delgada y reducción de la acidez y contenido del jugo.

Fósforo: Aunque la cantidad de fósforo absorbido por las plantas cítricas es pequeña, comparada con otros macro elementos, este elemento desempeña un papel importante en la fisiología de la planta. Su participación en los compuestos orgánicos permite un correcto funcionamiento de los procesos anabólicos y catabólicos; además de participar en el proceso de transformación de la energía. En los cítricos se encuentra un 57% en el tronco y ramas, un 9% en hojas y brotes, y el resto en los frutos. El problema de mayor disponibilidad de fósforo se da en suelos arcillosos. Debería estar presente en cantidades adecuadas inmediatamente antes de la floración; en las épocas de invierno su absorción se reduce. *Síntomas de deficiencia:* hojas en estado juvenil de menor tamaño, cuando estas crecen se presentan necrosis en los bordes y extremidades; presentan un tono opaco. La floración es reducida, los frutos se ablandan, el eje central es hueco y los segmentos del fruto se separan; los frutos presentan bajo contenido de sólidos solubles.

Potasio: no es un elemento constitutivo de algún componente esencial de la planta; se considera que su papel es más bien de carácter regulador. Mantiene la turgencia fisiológica de la planta y el efecto balanceado entre la respiración, la transpiración y el anabolismo. Es uno de los elementos extraídos en mayor proporción por cosecha. La demanda de potasio se registra: al término de la floración, a la caída de los frutos y a la maduración de los mismos. Su mayor exigencia se da en la etapa de crecimiento de los frutos. El exceso de potasio induce deficiencia de magnesio, mientras que el exceso de calcio dificulta la absorción del potasio. *Síntomas de deficiencia:* hojas pequeñas que se enrollan sobre sí mismas, puede presentarse defoliación y en algunas ocasiones presencia de goma. Frutos pequeños con cáscara delgada.

Calcio: es uno de los elementos con mayor presencia en las partes vegetativas de las plantas cítricas. Su absorción puede ser reducida en presencia de grandes concentraciones de potasio. También es de importancia por su acción

sobre el suelo. *Síntomas de deficiencia*: las hojas más viejas presentan clorosis a lo largo de las nervaduras mayores, hay defoliación. Los frutos son pequeños con deformación. Las ramas presentan muerte regresiva y el crecimiento de los árboles se reduce. Deficiente desarrollo del sistema radicular.

Magnesio: es componente importante de la clorofila. La absorción del magnesio es inhibida por el potasio en mayor escala que el calcio. Es de suma importancia en los procesos vitales, por lo cual se encuentra más en hojas y semillas que en tallos y raíces. *Síntomas de deficiencia*: amarillamiento entre las nervaduras de las hojas más viejas, la parte basal permanece de color verde hasta un estado avanzado, lo que lleva a la formación de una “V” invertida y aspecto bronceado. Los frutos presentan mayor acidez.

Azufre: se presenta como componente de algunos aminoácidos. *Síntomas de deficiencia*: es difícil de observar en campo. Sin embargo las hojas más jóvenes presentan clorosis uniforme.

Zinc: es un elemento esencial, su deficiencia afecta la presencia de clorofila. Las deficiencias de magnesio pueden inducir deficiencia de zinc, así como el cobre también reduce la absorción del zinc. *Síntomas de deficiencia*: clorosis acentuada del limbo en fajas entre las nervaduras, en grandes deficiencias toman aspecto de “cebras”. Las hojas son más pequeñas igual que el tamaño de las brotaciones nuevas. Los entrenudos se acortan, hay disminución en la producción y los frutos son más pequeños, con poco jugo.

Boro: es un elemento de difícil translocación dentro de la planta; de gran importancia, causa más de 20 trastornos fisiológicos cuando está en déficit. El tejido meristemático cesa en su crecimiento y en muchos casos la yema apical llega a morir en casos de carencia del elemento. Es importante en la división celular y en la polinización. Sus efectos están relacionados con el crecimiento de los brotes y el deficiente cuajado de los frutos. *Síntomas de deficiencia*: detiene el crecimiento, las hojas presentan ondulaciones en el limbo con nervaduras salientes. Frutos con deformaciones de tamaño menor y cáscara muy gruesa. Pueden aparecer bolsas con contenido de azúcar en el eje central de los frutos.

Manganeso: es un elemento imprescindible en la formación de clorofila (aunque no forma parte de ella), reducción de nitratos y en la respiración. Es catalizador de otros procesos metabólicos; ayuda en la actividad respiratoria de la planta. *Síntomas de deficiencia*: clorosis entre las nervaduras de las hojas más jóvenes aunque menos acentuadas que la del zinc. Si la deficiencia

aumenta, las hojas adquieren una coloración opaca (mate) presentando una vejez temprana.

Cobre: *Síntomas de deficiencia:* hojas verdes oscuras de gran tamaño. Cuando la deficiencia es muy alta se presentan hojas muy pequeñas que se caen fácilmente. Lo frutos tienden a reventarse.

Hierro: es un catalizador en la planta, por lo cual es clave en diferentes reacciones como la respiración, la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos. La deficiencia de este elemento puede ser inducida por el exceso de calcio o por la alta humedad del suelo. *Síntomas de deficiencia:* clorosis especialmente en las hojas jóvenes, las nervaduras conservan el color verde; debido a esto las hojas tienen un mal aspecto o red de color verde.

Molibdeno: *Síntomas de deficiencia:* manchas amarillas de forma circular en las nervaduras de las hojas. Normalmente las hojas presentan bajos contenidos de calcio y magnesio, pero alto contenido de potasio.

Dosis y épocas de fertilización edáfica

Las recomendaciones de fertilización deben ser específicas para cada plantación o huerto (de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas) con base en los análisis de suelos y foliares. Respecto a este tema Reitz *et al.*³⁶ afirmaron: “Los cítricos pueden desarrollar bajo una amplia gama de niveles de nutrientes, y es imposible definir un solo programa de fertilización que sea considerado como mejor que los otros y para todas las condiciones. Una amplia variedad de programas de fertilización está en uso y muchos huertos bajo ellos están produciendo altos rendimientos de buena calidad de fruta. Todo problema de fertilización reconoce y estima la existencia de diferencias en las condiciones en que se desarrolla una plantación de cítricos...”.

La aplicación de la nutrición mineral puede hacerse manualmente o con maquinaria. En Colombia la fertilización suele hacerse manualmente, mientras que la aplicación de enmiendas se hace de forma mecánica. El primer año la aplicación debe hacerse a 20-30 cm del tronco para evitar intoxicaciones en planta, posteriormente la distancia de aplicación va aumentando en radios de 1- 2 m. Se recomienda realizar 3 a 4 aplicaciones anuales distribuidas en el año según los ciclos de producción de cada región y variedad; la dosis debe ir en aumento según la edad partiendo de una dosis mínima en plantas de un año. El exceso de abono puede causar intoxicación en las plantas; es necesario tener particular cuidado con el B en plantas jóvenes; por tal motivo debe evitarse la aplicación de fuentes simples de este elemento.

En los suelos ácidos, antes del establecimiento de los cultivos, es necesario corregir la acidez y aumentar el contenido de bases totales en el suelo como mínimo hasta el 70%. Además de la fertilización química, también pueden aplicarse fuentes orgánicas. Para subsanar problemas de déficit de algunos elementos de forma rápida, puede utilizarse la aplicación de fertilizantes foliares; este tipo de fertilización es de uso complementario a la edáfica.

La nutrición apropiada de los cultivos de cítricos es influenciada por todas las prácticas culturales incluyendo el control de plagas y enfermedades, la adecuación del suelo y las condiciones ambientales del lugar. Por tanto, un buen programa de fertilización debe ir acompañado de buenas prácticas agrícolas.

Las épocas de mayor exigencia en nutrientes minerales de la planta ocurren durante la floración ya que en esa época existe demanda también por hojas y brotes nuevos. Una nutrición deficiente en esta época puede conducir a una disminución significativa de la productividad.

Podas

Esta práctica es utilizada para promover el equilibrio fisiológico en la planta, de tal forma que no solo haya crecimiento controlado de la parte vegetativa, sino también una producción uniforme y abundante. Con esta operación se altera el crecimiento natural de la misma al interrumpir la dominancia apical y promover la producción de brotes laterales para mejorar la aireación y entrada de luz, entre otros, ya que generalmente los cítricos tienen una marcada tendencia a producir follaje denso en la parte externa de la copa y a crecer verticalmente en longitud, sobre todo en condiciones de trópico (húmedo). La planificación de las podas debe ser acorde con las condiciones ambientales de cada región productora, teniendo en cuenta que períodos de estrés hídrico, seguidos de períodos de lluvias, promueven las brotaciones vegetativas; en Colombia debe tenerse en cuenta entonces la distribución de lluvias (monomodales o bimodales) y el vigor de cada especie.

Existen básicamente dos tipos de podas manejadas en la citricultura colombiana:

Poda de formación. Es utilizada para darle la arquitectura deseada a la planta, de tal forma que pueda resistir más adelante las cosechas al tener una buena estructura y estas se distribuyan de forma correcta. Esta actividad inicia en vivero y continúa durante algún tiempo después del trasplante, más o menos hasta el tercer año. Consiste en propiciar una doble “Y” con 3 a 5

ramas principales a una altura de 60-80 cm del suelo (se prefieren la mayor altura en plantas vigorosas de copa ancha y con altas producciones, ya que la fruta puede pegar con el suelo perdiendo calidad); a partir de estas ramas se desarrollarán las secundarias, asegurando una correcta distribución del follaje alrededor del árbol. Se debe evitar que las ramas seleccionadas queden enfrentadas para evitar problemas de rotura cuando la planta llegue a producción. Durante esta etapa todo “chupón” basal o rama que se desarrolle en el patrón debe ser eliminado.

Poda sanitaria. Esta poda moderada es usada para controlar el desarrollo del árbol y corregir desbalances vegetativos que se presentan por la dominancia apical o excesivo vigor de algunas ramas; también para eliminar ramas viejas, enfermas o improductivas, y plantas parásitas.

Luego de realizar cualquier tipo de poda, es recomendable cubrir las heridas con algún fungicida o cicatrizante. De igual forma las herramientas utilizadas deben ser siempre desinfectadas con hipoclorito o vanodine en concentraciones entre 1 y 2% antes y después de cualquier poda como cuidado preventivo.

Manejo de arvenses

Los controles mecánico y químico son prácticas empleadas en Colombia para el manejo de arvenses en el cultivo de cítricos. Se afirma que estas varían de acuerdo con la zona en la que se encuentre el huerto (pisos térmicos, clima) y el historial desde antes del establecimiento (cultivos previos, sobre todo para plantaciones jóvenes); así que el plan de manejo necesita ser específico para cada situación.

El control de arvenses tiene como objetivo principal eliminar la competencia que pueda existir entre las malezas y los cítricos por la disponibilidad de nutrientes y así promover un desarrollo óptimo y una buena productividad por árbol. Las plantas muy jóvenes son las más sensibles a los daños ocasionados por la competencia de malezas. Sin embargo, aun en huertos con plantas adultas, si la presión es muy alta, el daño ocasionado puede tener importancia económica.

Uno de los métodos más utilizados por los citricultores colombianos es el uso de productos químicos tanto para el control de arvenses en las calles como en el área de plateo del cultivo; seguido a este se encuentra el control mecánico a mano, con machete, guadaña o tractor. Para el manejo de arvenses en las calles del cultivo es recomendable la aplicación de herbicidas sistémicos

en presencia de pastos o material vegetal de difícil erradicación (sobre todo antes del establecimiento del cultivo). Es aconsejable en huertos adultos el uso de técnicas que permitan hacer una selección de las especies deseables como cobertura natural; para esto pueden utilizarse el azadón químico y la guadaña.

Sumado a esto, es posible establecer coberturas vegetales entre calles que proporcionan condiciones favorables al cultivo. El maní forrajero (*Arachis pintoi*), es una de las principales opciones utilizadas en los cultivos; esta leguminosa, aparte de fijar N en el suelo, ayuda a mejorar las condiciones físicas (facilitando la penetración de raíces y mejorando la permeabilidad del suelo), y proporciona un rápido y permanente cubrimiento de la superficie del suelo, obteniendo un buen control de las malezas. Al usar coberturas vegetales se debe buscar que estas no compitan con el cultivo de cítricos, evitando su desarrollo en el área de plateo de los árboles, pues las raíces absorbentes de los cítricos son superficiales (encontrándose en su mayoría en los primeros 30 cm de profundidad). En el área de plateo se puede hacer aplicación de herbicidas y uso de coberturas muertas, como residuos de cosecha (también se puede usar la cascarilla de arroz, siempre y cuando no lleven malezas del cultivo), que impidan cualquier tipo de competencia.

Las labores mecánicas con el uso de guadañas manuales para el control de malezas en el área de plateo deben realizarse con precaución para evitar las heridas en tronco o raíces, ya que además del daño físico puede facilitar la infección de enfermedades graves como es el caso de *Phytophthora*; adicionalmente, es importante que los operarios que realizan estas labores utilizan todos los elementos de protección para evitar accidentes en campo.

Manejo de plagas

El manejo integrado de plagas son los métodos de control basados en las dinámicas poblacionales de las especies, los cuales tienen como fin mantener las poblaciones de insectos y ácaros dañinos por debajo de los niveles de daño económico, utilizando elementos de control que minimicen el impacto ambiental y sean de bajo costo. En el caso de las plagas clave, se deben hacer monitoreos permanentes y en el caso de ser necesario aplicar control químico, se debe seleccionar el producto específico para la plaga y, de ser posible, aplicarlo de forma localizada.

En Colombia se presenta un gran número de plagas, debido a su condición tropical. Sin embargo, hay algunas de ellas que se consideran de importancia

económica, otras que pueden llegar a ser potenciales y otras que, aunque pueden afectar, se consideran secundarias por no tener importancia económica.

A continuación se mencionan algunas de las principales plagas de los cítricos en Colombia y recomendaciones para su manejo³⁷⁻⁴⁰:

Acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora*, *Eriophyidae*) y otros ácaros

Existen varias especies de ácaros que afectan las plantas de cítricos. Tienen forma alargada, color amarillo claro y su tamaño oscila entre 0.13 y 0.16 mm. Son considerados como una plaga primaria debido a su amplia distribución en las diferentes regiones citrícolas del país (en especial el tostador) y el daño que causa sobre la fruta (afectando la calidad externa). Su mayor incidencia es en épocas de verano, altas temperatura y baja humedad relativa.

Se alimenta de la epidermis de las hojas causando deformaciones en las mismas, costras en el envés, acartonamiento y caída de follaje. El fruto tierno afectado por los ácaros adquiere una coloración mate y una superficie rugosa, síntomas que se hacen mucho más evidentes a medida que este se desarrolla. El ácaro *Brevipalpus phoenicis* es trasmisor del virus de la leprosis de los cítricos en Colombia, convirtiéndose también en una especie de importancia económica.

Tiene como enemigos naturales depredadores de las familias *Coccinellidae* y *Staphylinidae*, lo cual debe evaluarse antes de hacer un control químico. Monitoreo continuo, y en caso de poblaciones muy altas, aplicación localizada de acaricidas o productos azufrados.

Termitas (*Heterotermes* sp.)

Ya que prefieren las zonas secas como hábitat, esta plaga tiene mayor incidencia en la región Caribe de Colombia. El daño lo realizan debajo del cuello de la raíz y alrededor del tronco, en las raíces secundarias y consume la corteza de los árboles. Pueden causar desde debilitamiento hasta muerte de la planta. Además, las heridas provocadas pueden favorecer la entrada de patógenos del suelo como *Phytophthora* sp.

El manejo preventivo consiste en eliminar todo material de madera seca. Mientras que el manejo curativo puede consistir en aplicar pasta bordelesa desde el cuello de la raíz a una altura de 1m aproximadamente. También pueden hacerse aplicaciones en la zona de plateo de insecticidas granulados (organofosforados).

Minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton)

Es un microlepidóptero que afecta principalmente las hojas jóvenes de los árboles. Se encuentra disperso en las regiones productoras de cítricos en Colombia. Esta plaga es limitante especialmente en plantas jóvenes y en viveros, al dificultar la formación de los árboles por el daño ocasionado en los brotes nuevos. Las aspersiones de *Bacillus thuringiensis* y el uso de trampas adhesivas de color disminuyen el daño en viveros. Los parasitoides más frecuentes son *Cirrospilus* spp., *Closterocerus* sp., y *Galeopsomyia fausta*.

En plantas adultas, la presencia de altas poblaciones afecta ramas con brotes tiernos e inclusive frutos. El daño ocasionado en las hojas puede llegar a causar una disminución del rendimiento y de la cosecha, pues estos son afectados directamente en la superficie foliar útil. En plantas jóvenes recién establecidas puede ocasionar daños graves en especial en lotes en donde se inicia el cultivo de cítricos, en parte, porque los enemigos naturales no se han establecido. De ser severo el daño es necesario realizar aplicaciones químicas.

Los huertos con buen manejo agronómico soportan los daños que generalmente se presentan, ya que la plaga se encuentra controlada por una amplia variedad de enemigos naturales. El umbral de daño está estimado en 0.7 larvas por hoja joven o cuando el área afectada en hojas nuevas supera el 25%. La aplicación de kerosén y jabón blanco ha funcionado para disminuir la incidencia de la plaga. También pueden emplearse insecticidas con ingredientes activos: Abamectina (0.02%), Lufenuron (0.15%), Benfuracarb (0.25%).

Picudo de los cítricos

Compsus sp. (Coleoptera: *Curculionidae*). Es considerada como una de las principales plagas en los cítricos. Se registró por primera vez en Colombia en el año 1939, aumentado su población y afección con el tiempo. Las larvas se alimentan de las raicillas, pelos absorbentes, raíz pivotante y raíces secundarias; mientras que los adultos se alimentan de rebrotes, pétalos y frutos recién formados, provocando daños de importancia económica significativos (de hasta 50%). En el piedemonte del Meta se han tenido buenos resultados de manejo de las poblaciones del picudo de los cítricos con la aplicación del entomopatógeno *Beauveria bassiana* con cepas colectadas en la región. Los mejores controles se han obtenido haciendo la aspersión al inicio de la época lluviosa, antes de la aparición de las poblaciones del adulto.

Áfidos o pulgones (pulgón negro: *Toxoptera citricidus*)

Es una de las plagas más peligrosas en cítricos en el mundo no solo por causar daños a la planta sino también por ser transmisor del virus de la tristeza de los cítricos. Sus poblaciones son reguladas por factores ambientales: alta pluviosidad y gran variedad de enemigos naturales parásitos y depredadores presentes en los huertos.

Afectan hojas tiernas, partes terminales o rebrotes, donde se agrupan y alimentan (en el envés generalmente), causando enrollamiento y deformaciones al extraer la savia de las plantas. En grandes poblaciones contribuyen a la formación de fumagina sobre las hojas y ramas, promoviendo la presencia de hormigas, las cuales se asocian formando colonias. Estos áfidos afectan también los botones florales y los frutos en primera fase ocasionando su caída.

En condiciones naturales, presentan un buen control por enemigos naturales, dentro de los que están: *Crysopa* sp., varias especies de cucarroncitos Coccinellidae, moscas de la familia Syrphidae, trips, chinches y ácaros depredadores. Entre los parasitoides se destacan avispidas *Lysiphlebus* sp., y *Aphelius* sp. Hongos entomopatógenos como *Verticillium lecanii* también pueden afectar los áfidos hasta causarles la muerte. Cuando la infestación es muy alta se pueden emplear insecticidas sistémicos en forma localizada.

Escamas o cochinillas (*Lepidosaphes beckii*) Cochinilla harinosa (*Planococcus citri*.) *Orthezia praelonga*.

De importancia secundaria a potencial que se presentan en cualquier época, aunque su incidencia puede ser mayor en veranos y en zonas secas; son insectos chupadores que forman colonias en las hojas, ramas, troncos y frutos. En plantas jóvenes pueden causar atraso en el crecimiento e inclusive muerte de la planta. La escama roja (plaga mundial en los cítricos) muestra preferencia por los frutos más que por las hojas, causando depreciación comercial de los mismos.

El control biológico con avispidas parasitoides (como *Aphytis* sp.) es recomendado; en cuanto a la cochinilla harinosa, pequeñas avispidas parasitoides de la familia Encyrtidae y predadores como los coccinélidos *Cyclonea* sp y *Cryptolaemus* sp., sirven para su regulación natural. El cucarroncito *Hypaspis* sp., y la crisopa *Chrysoperla* sp. actúan como insectos depredadores de *Orthezia*. En casos de altas poblaciones puede emplearse el control químico con productos anticoccidos como metidation y piriproxifen en premezcla con un aceite mineral. Existen evidencias prácticas en el piedemonte del Meta sobre el control de poblaciones de *Orthezia* con entomopatógenos dentro de los que están los géneros: *Verticillium* y *Metarrizium*.

Manejo de enfermedades

Son numerosas las enfermedades que afectan a las plantas cítricas; estas pueden afectar la cantidad y calidad de la producción en diferentes formas y niveles. El objetivo del manejo integrado es vigilar y regular los procesos de infección de tal forma que no tengan un impacto económico negativo sobre la plantación, ya que la condición tropical en la que se encuentra ubicada Colombia hace imposible mantener en cero la presencia de las mismas.

Con todo, es importante conocer aquellas que pueden ser más peligrosas para el futuro de la plantación y las recomendaciones generales para prevenirlas o combatirlas. A continuación se presenta la sintomatología en campo de algunas de las enfermedades más importantes en cítricos^{18, 41-43}.

Tristeza de los cítricos o CTV: Esta enfermedad afecta los vasos conductores de la planta, impidiendo el paso de nutrientes hacia la raíz provocando el debilitamiento de la planta. Algunos síntomas ocasionados por la enfermedad son aclaramientos de los nervios en hojas jóvenes y decaimiento; frutos, ramas y hojas pequeñas y abarquilladas; acanaladuras en tallo y ramas, estrés del árbol, defoliación prematura y finalmente muerte total de la planta. Sus vectores son *Toxoptera citricidus* y *Toxoptera aurantii*. El naranjo agrio es el patrón más susceptible a la tristeza.

El manejo de esta enfermedad debe ser preventivo por medio del uso de patrones tolerantes y la adquisición de material de propagación, con calidad sanitaria. Actualmente se desarrolla la técnica de micro-injertación de ápices caulinares para la obtención de yemas limpias de CTV. Sin embargo, esta técnica debe ir acompañada de métodos de diagnóstico y manejo agronómico, adaptadas a las condiciones locales en que se encuentre el cultivo; en etapa de vivero, por ejemplo, es muy importante el control de las poblaciones de áfidos con mallas “anti pulgón”.

Leprosis: enfermedad causada por un virus tipo baciliforme transmitido por el ácaro *Brevipalpus phoenicis* que afecta principalmente naranjos y mandarinos. Su sintomatología son: lesiones cloróticas en hojas, frutos y ramas con áreas necróticas, círculos concéntricos con goma; caída del fruto y a veces muerte del árbol. Las lesiones causadas en los frutos son externas las cuales deprecian su calidad. Entre los enemigos naturales de *Brevipalpus* son importantes los ácaros predadores de la familia Phytoseiidae. Los manejos pueden ser preventivos con aplicaciones calendario de acaricidas o por monitoreos y tomando decisiones de acuerdo con los niveles de poblaciones. Podas sanitarias, y eliminación de hojas defoliadas ayudan al control.

Otras enfermedades causadas por virus que deben ser consideradas son: Xiloporosis y Psorosis. La estrategia a utilizar es el uso de yemas libres provenientes de programas de certificación y patrones tolerantes.

Exocortis: La enfermedad es producida por el viroide de la exocortis de los cítricos (CEVd). El síntoma característico es la descamación de la corteza y producción de grietas sobre el patrón; algunas veces se manifiesta como fisuras, con presencia de una sustancia gomosa. Como efectos secundarios pueden observarse: desarrollo de la copa en diferentes grados de enanismo, clorosis y decaimiento general de la planta. Como control se recomienda el uso de material sano proveniente de viveros registrados y la desinfección de las herramientas de corte, a través de las cuales la enfermedad puede ser transmitida.

Gomosis (*Phytophthora parasítica* y *P. citrophthora*): La primera manifestación visible de la enfermedad es la presencia de lesiones oscuras de forma irregular en el tronco. Luego se inicia la formación de grietas a través de las cuales sale un exudado gomoso que se observa con más facilidad en la época seca. Las lesiones pueden extenderse en forma vertical o lateral llegando a cubrir toda la circunferencia del tronco; en este estado es cuando se produce la muerte del árbol, pues el transporte de fotoasimilados de la copa hacia las raíces es interrumpido.

Con esta enfermedad puede realizarse un control preventivo o curativo. Como medida preventiva se recomienda la elección de patrones tolerantes (lima rangpur y limón rugoso son muy susceptibles) e injertar a unos 40 cm del suelo. Se debe evitar encharcamientos y daños mecánicos en el tronco y raíces. Es aconsejable hacer controles periódicos a estas partes de la planta; en caso de encontrar lesiones se puede limpiar la herida, haciendo una incisión a la corteza y eliminando todo residuo o mancha sobre el tronco. Se aplica pasta bordelesa y una vez cicatrizada la herida, pintar con alquitrán. Este procedimiento permitirá prolongar la vida del árbol. Otro medio curativo es la aplicación de fungicidas sistémicos con ingredientes activos: captan o Fosetil-al.

Antracnosis (*Collectotrichum gloesporioides*): Esta enfermedad ataca hojas, flores y frutos. Causa lesiones necróticas de color café de consistencia seca y quebradiza que inician generalmente en los bordes con un halo clorótico. Los acérvulos del hongo pueden observarse en el centro de las lesiones en forma de puntos oscuros. En partes tiernas como las flores ocasionan su caída; en los frutos ocasionan, al inicio de la enfermedad, lesiones oscuras irregulares que cambian a forma corchosa de color café oscuro; pueden afectar también el péndulo provocando la caída de los mismos.

Como manejo preventivo se debe aplicar un cuidado óptimo a la plantación, siguiendo las recomendaciones técnicas de fertilización, manejo de arvenses, etc.; las ramas secas y brotes muertos deben ser retirados. La aplicación de fungicidas sistémicos y protectantes de forma preventiva antes de la floración también es recomendable.

Riego

Los requerimientos hídricos necesarios para el sostenimiento del cultivo de cítricos en el trópico pueden ser determinados por medio de la metodología propuesta por FAO utilizando la fórmula: $ET_c = ET_0 \times K_c$; donde K_c es el coeficiente específico para el cultivo a trabajar. El valor sugerido por la FAO para cítricos es: 0,75 para los meses de lluvia y 0,8 para los meses secos.

Esta información es de importancia a la hora de planificar el cultivo. Por ejemplo, en condiciones de trópico bajo en el piedemonte del Meta el requerimiento hídrico anual es de 1046 mm año⁻¹. Este valor es suplido durante 9 meses por las precipitaciones. Sin embargo, durante tres meses este valor es inferior, provocando un período de déficit hídrico que genera estrés e inducción floral en la planta de cítricos; mientras que la brotación y floración inician con la rehidratación de la planta posterior a dicho déficit ocasionada por la lluvia⁴⁴. Una vez se rompe el periodo de estrés, es ideal que las precipitaciones sean continuas para evitar el aborto floral; ante la ausencia de precipitación en la fase floración-cuajado, se recomienda el uso de riego. Especies como la mandarina son mucho más sensibles a estos cambios por presentar una sola floración principal durante todo el año, la que será finalmente la producción de importancia comercial.

Por otro lado, las plantaciones recién establecidas deben contar con sistemas temporales de riego en los primeros años de establecimiento del cultivo. Después de los 3-4 años las plantas son tolerantes al déficit o estrés hídrico moderado, el cual es necesario en plantas adultas para inducir la floración.

Las regiones citrícolas de Tolima-Huila y del Caribe seco presentan déficit durante varios meses del año, razón por la cual debería implementarse riego de forma permanente en las explotaciones.

Referencias bibliográficas

1. ORDUZ, J. Características de la citricultura en el departamento del Meta y avances en el proceso de desarrollo tecnológico. En: Actualización tecnológica

- en ajonjolí, caucho, hortalizas y frutales para la Orinoquia colombiana. Villaviciencio: Corpoica – Plante. 1998. p. 25-32.
2. _____. Algunos elementos estratégicos para el desarrollo de la fruticultura Colombiana. En: Revista Novedades Técnicas. Corpoica. 2011. Vol. 12, No 16. p. 10.
 3. TANAKA, T. Fundamental discussion of Citrus classification. In: Studia Citrologica. 1977. Vol. 14. p. 1-6.
 4. JACKSON, L. K. y DAVIES, F. S. Citrus growing in Florida. Florida: University Press of Florida, 1999. 313 p.
 5. SWINGLE, W. T. The botany of citrus and its wild relative. In: Reuthers, W.; Batchelor, L. (eds). The citrus industry. California: University of California Press, 1967. p. 129 – 474.
 6. DAVIES, F. S. y ALBRIGO, L. G. Citrus. Wallingford, U.K.: CAB International, 1994. 254 p.
 7. BONO, R. Nuevas variedades de cítricos. En: I Congreso de citricultura de la Plana. Nules, España. 26-27 Marzo. 1993.
 8. RAMÍREZ, E. Botánica, especies y cultivares. Cítricos. 2ª ed. Venezuela. Fundación Servicio para el Agricultor, 1986. p. 15-22. Serie Petróleo y Agricultura.
 9. SCORA, R. W. Biochemistry, taxonomy and evolution of modern cultivated citrus. In: Proceedings of the International Society of Citriculture. 1988. Vol. 1, p. 277-289.
 10. YELENOSKY, G. Environmental factors affecting citrus. In: J. Fruit Vari. 1985. Vol. 39. p. 51-57.
 11. RÍOS-CASTAÑO, D. y CAMACHO, S. Cítricos. En: Frutales. Manual de Asistencia Técnica No. 4. Tomo 1. 2. Ed. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 1980. p. 23-124.
 12. SÁNCHEZ, L. A.; JARAMILLO, C. y TORO, J. C. Fruticultura Colombiana. Cítricos. Manual de Asistencia Técnica No. 42. Calí, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario y Servicio Nacional de Aprendizaje, 1987. 97 p.
 13. RÍOS, G.; et al. Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de naranja (*Citrus sinensis* Osbek) en la región Andina. Rionegro Antioquia: C.I. La Selva, 2006. 65 p.
 14. PÁEZ, A.; et al. Caracterización de los sistemas de producción de cítricos y papaya en la región Caribe colombiana. Boletín de investigación N° 9. Valledupar (Cesar): Corpoica, 2004. 140 p.

15. ORDUZ, J. y Avella, F. Comportamiento de 26 cultivares de naranja en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. En: Rev. Colomb. Cienc. Hort. 2008. Vol. 2, No. 2. p. 157-172.
16. CAICEDO, A.; et al. Practicas de establecimiento y manejo de plantaciones de cítricos tecnificados. C.I. Tibaitatá: Corpoica, 2006. 51 p.
17. CORRALES, G. Manual ilustrado para la producción de cítricos en Colombia. Bogotá: MADR – Asocítricos- FNFH, 2002. 167 p.
18. MORALES, J. y LÓPEZ, J. Aspectos básicos para el cultivo de mandarina *Citrus reticulata*. Manual técnico. Corpoica. 2007. 62 p.
19. MATEUS, D.; et al. Evaluación económica de la producción de cítricos cultivados en el Piedemonte del Departamento del Meta durante 12 años. En: Orinoquia. 2010. Vol. 14, No. 1. p. 16-26.
20. KOGSON, J.; HURTADO, A. y LEMA, A. Evaluación de fungicidas protectantes y aplicaciones de fertilizantes foliares para el control de *Alternaria* sp en tangelo Minneola. En: memorias VII seminario internacional de frutas tropicales. Agroindustria e innovación. Corpoica, UPB y CDTF. 2010. 100 p.
21. QUIROGA, J.; et al. Comportamiento de la producción de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada sobre el patrón de Mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco) y la influencia del virus de la tristeza (CTV) en condiciones del piedemonte del Meta, 1997-2008. En: Orinoquía. 2010. Vol. 14, No. 1. p. 5-15.
22. CASTLE, W. S. Citrus rootstocks. En: Rom, R.C. y Carlson, R.C. (eds.). Rootstocks for fruit crops. New York: John Wiley and Sons, 1987. p. 361-369.
23. WUTSCHER, H. K. y BISTLINE, F. W. Performance of “Hamlin” orange on 30 citrus rootstocks in Southern Florida. En: Journal of the American Society of Horticultural Science. 1988. Vol. 113. p. 493 – 497.
24. LOUSSERT, R. Los agrios. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa, 1992. 319 p.
25. JARAMILLO, C. Patrones para cítricos: Experiencias con patrones en Colombia. In: Fruticultura tropical. Becerra, O., L.A. (Ed). Bogotá, FNC, 1984. p. 172-179.
26. ARANGO, L.; ORDUZ, J. y LEÓN, G. Patrones para cítricos en los llanos orientales de Colombia. En: Avances de investigación. Corpoica. 2009. 12 p.
27. LÓPEZ, J. Propagación de los cítricos. Cenicafé. Avances técnicos, 2008. 372 p.
28. LÓPEZ, J. y CARDONA, J. Evaluación de portainjertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia. Colombia: Cenicafé, 2007. 55 p.

29. ORDUZ, J.; *et al.* Comportamiento de la mandarina Arrayana en seis patrones en suelos ácidos del piedemonte llanero de Colombia. Agron. Colomb. 2006. Vol. 24, No. 2, p. 266-273.
30. RÍOS, D. Catalogo de variedades. Cali – Candelaria: Profrutales Ltda, 2005. 32 p.
31. ORDUZ, J. Ecofisiología de los cítricos en el trópico: Revisión y perspectivas. In: II Congreso Colombiano de Horticultura, Bogotá. Memorias del evento. Bogotá: Produmedios, 2007. p.67 – 76. V. II.
32. ESCOBAR, W. Factores de producción y comercialización frutícola: cítricos. 2008.
33. ROMAN, C. A. Cultivos de Cítricos. Memorias Curso regional de frutas tropicales. Villavicencio. 1993.
34. BAQUERO, C. La fertilización y su importancia en el cultivo de los cítricos. En: Tecnología para el cultivo de cítricos en la región Caribe de Colombia. Corpoica. 2008. p. 90-102.
35. MALAVOLTA, E. Nutrición y fertilización de los cítricos. En: Fertilización de cultivos de Clima Medio, capítulo 7. Monómeros. 1995. p 133-170.
36. REITZ, H.; *et al.* Recommended fertilizers and nutritional sprays for citrus. Gainesville: University of Florida. Agric. Exp. Station, Bull. 1959. No 536. 54 p.
37. ARCILA, A. y LÓPEZ, E. Principales plagas de los cítricos en la región Caribe de Colombia: descripción y manejo. En: Tecnología para el cultivo de cítricos en la región Caribe de Colombia. 2008. Corpoica. p. 104-115.
38. LEÓN, G. Parasitoides del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidóptera: Gracillariidae) en el piedemonte del Departamento del Meta. En: Revista Colombiana de Entomología. 1999. Vol. 25, No. 3-4.p. 143-146
39. LEÓN, G. Insectos de los cítricos. Guía ilustrada de plagas y benéficos con técnicas para el manejo de los insectos dañinos. Corpoica-ASOHOFrucol, 2001. 83 p.
40. NASCA, A. J.; *et al.* Animales perjudiciales y benéficos a los cítricos en el Noroeste Argentino. Tucumán: Centro de Investigaciones sobre regulaciones de poblaciones de organismos nocivos. AR, CIRPON. 1981. 351 p.
41. BARAONA, M. y SANCHO, E. Fruticultura especial: Cítricos. EUNED. 1991. 91 p.
42. RODRÍGUEZ, J. C.; *et al.* Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae). En: Citrus in Brazil. Experimental and Applied Acarology. Kluwer Academic Publishers, 2003.161-179 p.

43. CAICEDO, A.; et al. Criterios básicos para fortalecer el programa de certificación de plántulas de cítricos libres de enfermedades virales en Colombia. En: Colombia. Innovación Y Cambio Tecnológico - Corpoica. 2007. p. 24 - 44.
44. ORDUZ, J. y FISCHER, G. Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte llanero de Colombia. En: Agron. colomb. 2007. Vol. 25, No. 2. p.255-263.

Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos

Alexander Rebolledo Roa*

Resumen

En el presente capítulo, se hace una síntesis de los avances en investigación sobre fisiología de la producción en cítricos bajo condiciones subtropicales, y algunos casos de estudio bajo condiciones del trópico colombiano, con el fin de brindar información para perfilar y dar continuidad al desarrollo de investigaciones que permitan generar tecnología local.

Palabras clave: Cítricos, producción, fisiología, niveles de floración, abscisión, crecimiento y desarrollo del fruto.

Physiology of citrus' flowering and fruiting

Abstract

In this chapter, a brief about the research advances concerning the physiology in the production of citrus under sub tropical conditions is made, and some study cases under the Colombian tropical conditions are showed in order to provide information to refine and continue the development of research works that ease the generation of local technology.

Key words: Citrus, production, physiology, flowering levels, abscission, growth and development of the fruit.

* Investigador Ph. D.
Corpoica. C.I. Palmira
Correspondencia:
arebolledor@corpoica.org.co

Introducción

Una característica clave de algunas especies frutales es que a pesar de producir un alto número de flores, los árboles ajustan la cantidad de ellas que finalmente cuajan y el número de frutos que llegan a cosecha. Este ajuste ha sido explicado a través de las interrelaciones que se presentan al interior de la planta, relacionadas con el potencial genético de la especie, los niveles de floración, tipos de inflorescencias, disponibilidad de nutrientes y capacidad para ser transportados a los frutos en crecimiento. El potencial genético se ve estimulado por los factores ambientales propios de cada región. De esta forma se presentan diferencias marcadas entre el comportamiento productivo bajo condiciones subtropicales y tropicales. En cítricos, por ejemplo, se pueden llegar a producir hasta 100.000 flores en algunas variedades, con solo un cuajado del 2%, alcanzado en ocasiones hasta 0.1%¹.

Los cítricos son capaces de crecer y de fructificar en condiciones ambientales muy diversas, desde climas subtropicales relativamente fríos hasta zonas tropicales cálidas. No parece existir una característica climática común que pueda actuar como factor inductivo indispensable para la floración, y por esta razón los cítricos se han considerado como una especie autoinductiva²⁻⁴. Sin embargo, la floración y, en consecuencia, la producción en los cítricos están marcadamente estimuladas por factores ambientales, entre los que se encuentran un régimen de temperaturas moderadamente bajas bajo condiciones subtropicales, y el estrés hídrico bajo condiciones tropicales⁵.

Como un aporte al conocimiento de la fisiología de los cítricos en Colombia, Riaño; et al.⁶ llevaron a cabo un estudio en Naranja Valencia sobre dos patrones (Sunky x English (SxE) y Citrumelo 4475 (CPB)), determinando las tasas de fotosíntesis y respiración, y caracterizando además la estructura de la fronda del árbol y la construcción de las curvas de crecimiento de la planta y del fruto, en función del tiempo cronológico y el tiempo térmico. Estos investigadores también determinaron la emisión floral y el cuajamiento de los frutos a través del tiempo, relacionando su comportamiento con la oferta edafo-climática de cada uno de los sitios de estudio, con el fin de comprobar si existe un patrón estacional; no obstante, los resultados no permitieron establecer dichas relaciones.

La floración en los cítricos

Características de la brotación

Aunque en las regiones subtropicales, la formación y desarrollo de nuevos brotes se presenta en 3 o 4 ciclos definidos, el más importante es la brotación

de primavera, que ocurre tras el período de bajas temperaturas invernales^{3, 4, 7, 8}; en el trópico y algunas regiones semitropicales, la brotación tiene lugar durante todo el año en ciclos de corta duración, separados por períodos de inactividad⁹.

Los factores que determinan el número de brotaciones y la floración no son bien conocidos. En los trópicos se sugiere que el estrés hídrico es el principal factor que afecta la floración, mientras que en los subtropicos son las bajas temperaturas de invierno las que concentran la floración en primavera^{2,3,8}. Se sabe que una prolongada sequía o temperaturas del suelo inferiores a 12 °C provocan la entrada en latencia de las yemas. El aumento en la temperatura del suelo o la restauración de los períodos de precipitación incrementan el porcentaje de nudos brotados, al modificar el balance en la síntesis y/o transporte de hormonas de la raíz al brote¹⁰.

En el departamento del Tolima, localidad del Espinal con 4°12'18.8" de latitud norte y 74°52'56.6" de latitud este, y a una altura de 335 msnm, se presenta un patrón de distribución de lluvias bimodal con dos picos máximos en los meses de mayo y noviembre. Del mismo modo, se registra un déficit hídrico durante la mayor parte del año, con excepción en los meses de mayor precipitación, con un promedio anual de 1400 mm y una evaporación anual de 1990 mm (**figura 1**).

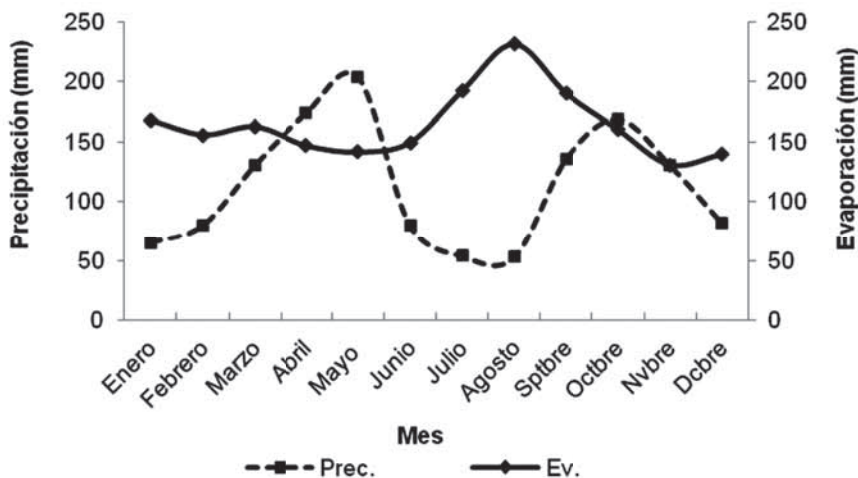


Figura 1. Balance hídrico tomado de la serie climática de 32 años de la estación climática de Corpoica. C. I. Nataima (Tolima). A. Rebolledo. Figura original.

En esta localidad, al correlacionar el comportamiento de la precipitación con las curvas de abscisión desde antesis, y tomando como referencia la distribución de lluvias en el 2009, antes del inicio de la floración se presenta un pico máximo de precipitación de 39 mm después de presentarse un período de estrés de 18 días con aproximadamente 5 mm/día (**figura 2**). En otros estudios, la caracterización del efecto del estrés hídrico sobre la inducción floral se ha centrado fundamentalmente en limón¹¹ y lima¹². Dos semanas de limitación en el suministro de agua, que provocan un estrés hídrico moderado (-2,1 MPa de potencial de presión en el xilema de la hoja medido al mediodía), son suficientes para inducir la formación de brotes reproductivos¹².

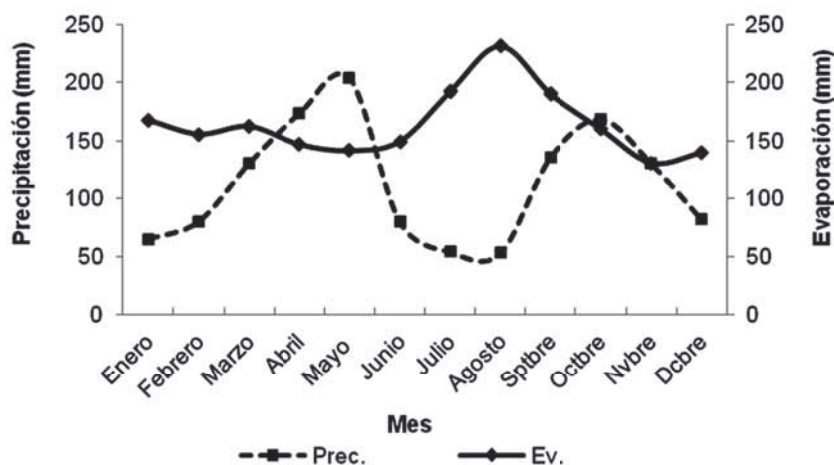


Figura 2. Relación entre abscisión relativa de estructuras reproductivas en lima ácida Tahití y precipitación, bajo condiciones del Espinal – Tolima. A. Rebolledo. Figura original

Tipos de inflorescencias

En cítricos se distinguen normalmente cinco tipos de brotes (**figura 3**) y dependiendo de la proporción de flores y hojas se clasifican así: multifloral con hojas, multifloral sin hojas, unifloral con hojas, unifloral sin hojas y vegetativo¹³⁻¹⁵. En plantas adultas de la mayor parte de las especies de cítricos, las flores se desarrollan lateralmente en el tallo a partir de yemas axilares en reposo. Los brotes florales originados son de crecimiento determinado, y están culminados por una flor, y los vegetativos de crecimiento indeterminado^{16,17}.

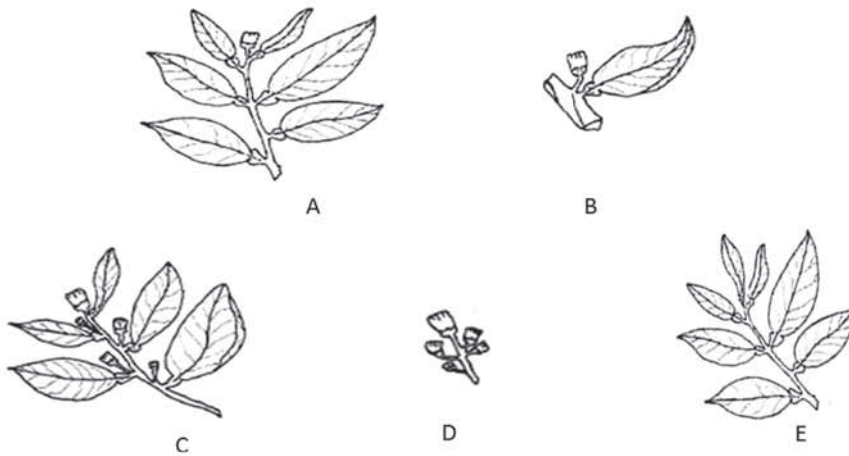


Figura 3. Tipos de inflorescencias: A) Uniflorales con hojas, B) Uniflorales sin hojas, C) Multiflorales con hojas, D) Multiflorales sin hojas y E) Vegetativos. - Rebolledo A.

La proporción en la que se presenta cada tipo de brote depende de factores endógenos como la variedad y el nivel de brotación, y de factores ambientales¹⁸. Bajo condiciones del Espinal –Tolima-, en lima ácida Tahití, las inflorescencias multiflorales (M) y multiflorales con hojas (MCH) tienen una mayor participación en la floración global, y las inflorescencias uniflorales con hojas se presentan en menor proporción (**figura 4a**). A pesar de presentar una mayor proporción de inflorescencias multiflorales, la que representan un mayor aporte a la cosecha, son las campaneras o uniflorales con hojas (**figura 4b**).

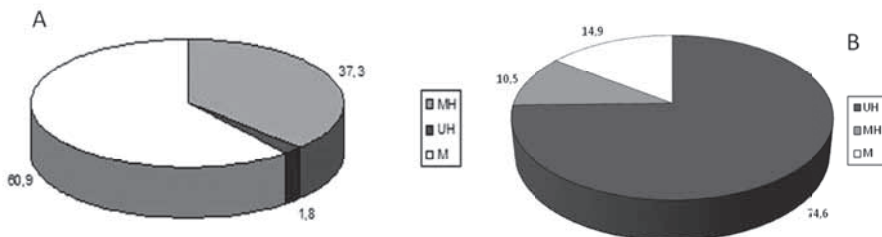


Figura 4. Participación de inflorescencias en la floración global del árbol (A) y aporte a la cosecha de cada tipo de inflorescencia (B). A. Rebolledo. Figura original

El proceso de abscisión y cuajado del fruto

Abscisión

La abscisión es un proceso selectivo que es afectado por las características de las flores / frutos. Los frutos pequeños que presentan una menor velocidad de crecimiento son los de mayor probabilidad de caer del árbol^{19,16}, aunque esta relación entre vigor y abscisión no es estricta, y con frecuencia frutos de elevado vigor presentan una reducción brusca en su velocidad de crecimiento, que precede a su abscisión²⁰.

En árboles de *Citrus*, se distinguen dos ondas de abscisión sucesivas que afectan la floración y el desarrollo de los frutitos, aunque en algunos casos la abscisión se presenta como un proceso continuo que alcanza un valor máximo entre 6 y 8 semanas después de la floración y se completa alrededor de 12 semanas después de su inicio²¹. La primera onda induce masivamente la abscisión de flores y ovarios, mientras que la segunda, reduce el número de frutos que ya presentan un crecimiento significativo, durante la caída de junio²²⁻²⁷. Bajo condiciones del Tolima en términos relativos se presentan tres máximos de caída, en estrecha relación con la abscisión acumulada. El primer pico de caída se presenta a 6 días después de antesis (dda), relacionado con la caída de flores y frutos recién cuajados, y los dos restantes a los 34 y 49 dda relacionados con frutos en crecimiento (**figura 5**).

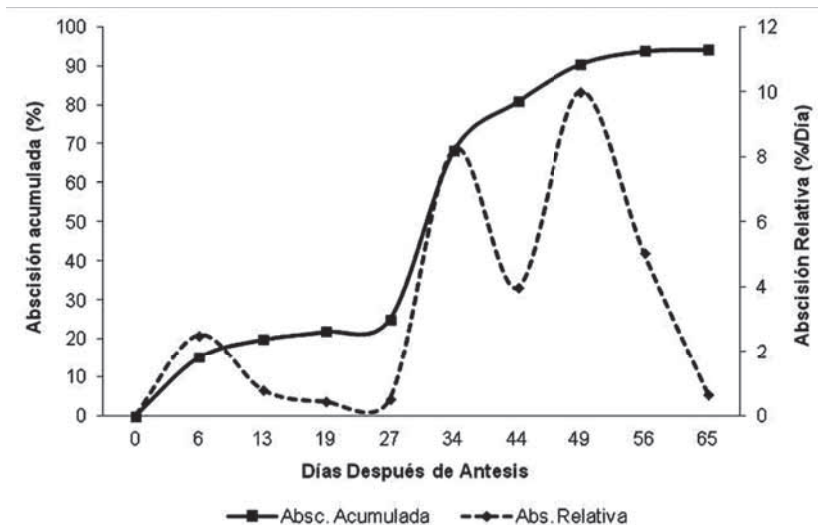


Figura 5. Abscisión acumulada y relativa de flores y frutos de lima ácida Tahití bajo condiciones del Espinal – Tolima. A. Rebolledo. Figura original.

La abscisión es el resultado de una compleja combinación entre factores nutricionales y señales hormonales²⁸⁻³⁰. Los factores nutricionales actúan como factores limitantes que afectan al crecimiento provocando su abscisión, mientras que el componente hormonal actúa como regulador de los procesos involucrados en la abscisión³¹. En naranjas, se ha sugerido un aumento en la abscisión del fruto por estimulación directa o indirecta en la producción de etileno, seguido por una secuencia de eventos que involucran: la iniciación en la expresión de genes de la celulasa y poligalacturonasa, síntesis de novo de enzimas hidrolíticas en las zonas de abscisión del fruto, degradación de polímeros de la pared celular y finalmente separación de órganos^{28,32}.

La abscisión por el pedicelo no parece estar relacionada con la disponibilidad de carbohidratos, ya que esta ocurre cuando las reservas de carbohidratos en el árbol se mantienen altas^{8,20,33,34}. Esta abscisión está precedida por una reducción en la tasa de crecimiento. La disminución en el transporte de carbohidratos al parecer se debe a una baja capacidad de sumidero, más que a la limitación en la fuente^{20,35}.

Trabajos realizados por Iglesias; et al.²⁵, con anillado en mandarina Satsuma, plantean la existencia de una correlación entre el contenido en carbohidratos, la producción de etileno y la abscisión del fruto por la base del pedicelo. Estos autores sugieren que las condiciones que determinan niveles altos de azúcares (anillado de ramas) incrementan el contenido en carbohidratos, disminuyen la producción de etileno y la tasa de abscisión, y que una condición opuesta (anillado del pedicelo) reduce la disponibilidad de carbohidratos e incrementa el etileno y la abscisión. Aunque no encontraron evidencias claras del papel regulador del etileno, sugieren que el contenido en carbohidratos y el etileno liberado son dos componentes principales de los procesos de abscisión por esta zona.

La abscisión posterior del fruto es principalmente determinada por factores nutricionales tales como fotoasimilados^{20,34,36,37}. En este período, la tasa de acumulación de materia seca del fruto excede la capacidad fotosintética de las hojas de la inflorescencia^{38,39}. En efecto, se establece una competencia por los carbohidratos disponibles en el resto de la planta, con un consiguiente agotamiento de las reservas. El nivel de sacarosa en las hojas cae a valores bajos, demostrando una limitación en el suministro de carbohidratos^{34,40}. La disminución en la abscisión de frutos durante este período, cuando la disponibilidad de carbohidratos fue incrementada por un aumento en la fotosíntesis⁴¹ o por anillado³⁴, refuerza la hipótesis de que la abscisión está relacionada con la competencia entre frutos por carbohidratos.

La abscisión en relación con el déficit de carbohidratos que se presenta por la competencia entre sumideros (fruto-fruto), ha sido explicada por Gómez – Cadenas; et al.³¹, refiriéndose a un incremento en los niveles de ABA y ACC, y a una mayor liberación de etileno.

Cuajado

El cuajado se define como la fase del desarrollo que marca la transición de una flor (ovario) a un frutito que se desarrollará hasta la madurez⁴². En *Citrus*, la tasa final de cuajado solo puede ser determinada después que la abscisión se ha detenido, 10 a 12 semanas después de anthesis¹⁷. En este sentido, Agustí; et al.¹⁶ diferencian entre cuajado inicial, como el porcentaje de ovarios que reanudan el crecimiento después de la anthesis, y cuajado final, medido como porcentaje del número de flores que forman finalmente un fruto.

La transición del ovario a un fruto en desarrollo con capacidad potencial para convertirse en un fruto maduro es regulada por hormonas, específicamente por giberelinas^{23,43}. La deficiencia de giberelinas durante este periodo resulta en una caída masiva de ovarios, bajo cuajado de fruto y en una reducción de la cosecha^{43,44}.

En los cultivares con semilla, el cuajado depende de la polinización y la fecundación. Buena parte de los cultivares de cítricos son partenocárpicas y, por tanto, capaces de producir frutos sin semillas. Ejemplos notables de este comportamiento son las naranjas del tipo Navel, Salustiana, las mandarinas del grupo Satsuma, diversas selecciones de clementinas y la lima Tahiti⁴⁵⁻⁴⁷.

El aporte hormonal para el cuajado del fruto en variedades partenocárpicas está referido al contenido hormonal de las paredes del ovario³⁰. En algunos cultivares de mandarina Clementina y algunos híbridos, el cuajado de frutos partenocárpicas puede ser incrementado con la aplicación de giberelinas exógenas, lo que sugiere una deficiencia en los niveles endógenos de esta hormona²³.

El rol de las giberelinas en el cuajado del fruto en cítricos está generalmente aceptado³⁰. Sin embargo, en mandarina Satsuma así como en las naranjas del tipo Navel, la aplicación exógena de giberelinas tuvo solamente un efecto transitorio en el crecimiento del fruto y retrasó la abscisión, pero no se obtuvo un aumento en la cosecha final¹⁶.

Las variedades con semillas cuajan con más facilidad que las que no tienen semillas. Sin embargo, en la mayor parte de las variedades de cítricos el número de flores formado es suficiente para obtener una cosecha máxima. El número de flores producido por la planta llega a estar inversamente relacionado con el porcentaje de frutos finalmente cuajados^{18,48,49}.

Crecimiento y desarrollo del fruto

Estados de desarrollo del fruto

El modelo de crecimiento de frutos cítricos presenta una curva sigmoide simple, descrito en 1958 por Bain para la variable peso fresco en frutos de naranjo. Posteriormente, Goren y Monselise⁵⁰ para la misma especie y Guardiola y Lázaro⁵¹, en frutos de mandarina Satsuma (*Citrus unshiu* Marc), encontraron el mismo tipo de curva. En un estudio llevado a cabo en la localidad de Espinal –Tolima-, se verifica el mismo comportamiento para lima ácida Tahití.

Este modelo se presenta desde la antesis hasta la maduración y en él se distinguen tres fases: la fase I se caracteriza por un aumento en grosor del pericarpio como resultado de una alta división celular; esta fase es considerada como de crecimiento exponencial y se inicia desde antesis hasta la caída fisiológica del fruto; la fase II se caracteriza por la vacuolización y alargamiento de las células de las vesículas e incremento de los lóculos, y se considera como fase de crecimiento lineal; en la fase III se presenta una reducción marcada en la tasa de crecimiento, indicando la entrada a la etapa de maduración del fruto⁵¹⁻⁵⁶.

Durante el crecimiento inicial del fruto (fase I), el mesocarpo se encuentra dividido en mesocarpo externo, compuesto por células pequeñas, poco vacuoladas, paredes delgadas y abundante citoplasma, el cual es considerado como un meristemo activo que origina células hacia el interior, y en mesocarpo interno, compuesto de células de mayor diámetro, con paredes que se van engrosando hacia el final de esta fase^{54,57} (**Figura 6b**). Antes de antesis, las vesículas se inician como primordios a lo largo de la superficie adaxial de la pared del endocarpo. Las vesículas surgen como resultado de divisiones anticlinales y periclinales de células epidérmicas y subepidérmicas del endocarpo^{56,58} (**Figura 6a**).

La duración de la segunda fase de desarrollo del fruto depende de la variedad, que oscila entre 2 y 3 meses para variedades precoces y más de 5 para variedades tardías. En este período, cesa la actividad meristemática de las vesículas en el endocarpo y sus células se vuelven altamente vacuoladas, y alcanzan su máxima longitud y volumen^{56,58} (**Figura 6C**). En términos absolutos y relativos, el crecimiento en tamaño durante el estado II se debe principalmente al crecimiento de los segmentos. Al respecto, Bain⁵⁹ describe que al final del estado I, el eje central y los segmentos ocupan solo el 5% del volumen total del fruto, mientras que al final del estado II, representan el 58% del volumen y el 67% del peso fresco del fruto.

En la fase de maduración del fruto (fase III), la elongación celular se detiene, hay acumulación de sólidos solubles especialmente azúcares y compuestos nitrogenados y los ácidos libres disminuyen como consecuencia de su dilución y metabolización^{56,58}.

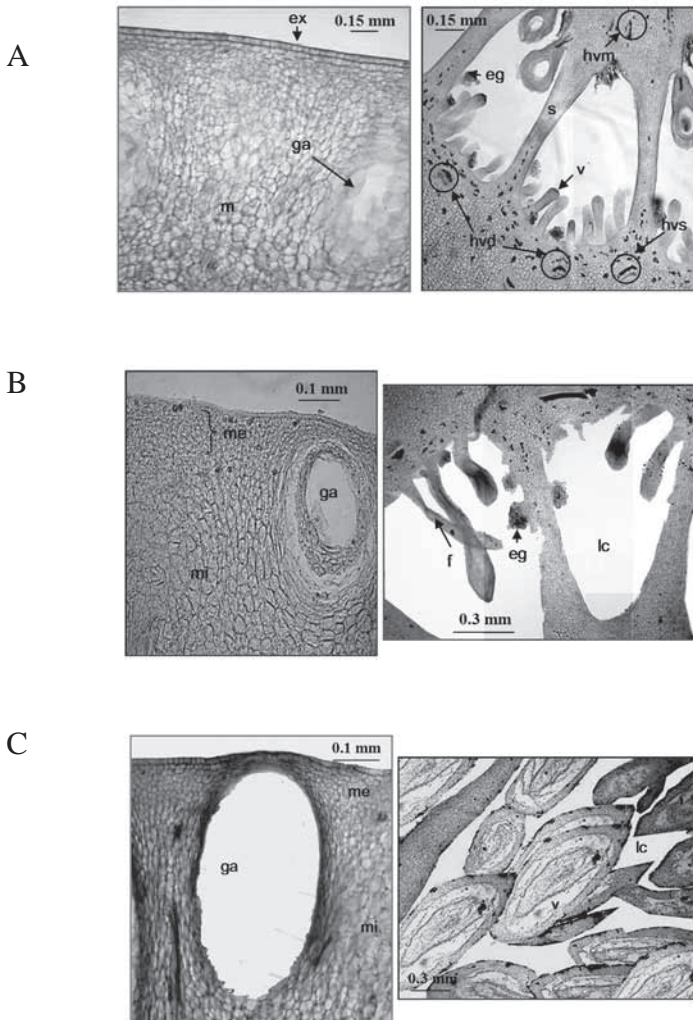


Figura 6. Características anatómicas de los tejidos de frutos de *Citrus sinensis* (L) Osbeck. Variedad Salustiana, de 5 (A), 31 (B) y 45 (C) días después de anthesis: ex: exocarpo ga: glándulas de aceite, m: mesocarpo, me: mesocarpo externo, mi: mesocarpo interno, hvd: haz vascular dorsal, hvs: haz vascular septal, hvm: haz vascular marginal, f: filamento de la vesícula, eg: emergencias glandulares, s: septos, v: vesículas. Tomado de Rebolledo et al., 2007

Factores que determinan el tamaño del fruto

El tamaño del fruto está determinado por factores internos que, expresados en términos de transporte en la planta, hacen referencia a su capacidad de sumidero, determinado en parte, pero no exclusivamente por el potencial genético del fruto, y factores externos, que determinan la disponibilidad de metabolitos para el crecimiento del fruto⁶⁰⁻⁶². Estos parámetros están relacionados de un modo sutil, y una reducción en el suministro de metabolitos durante el desarrollo temprano del fruto puede ocasionar daños irreversibles en la capacidad de sumidero y reducir su tasa de crecimiento en estados posteriores, cuando el suministro no constituye un factor limitante⁶².

Factores internos del fruto

La capacidad sumidero del fruto es considerada como el factor dominante en la competencia por fotoasimilados y está determinada inicialmente por la calidad de la flor que, a su vez, depende de la naturaleza de la inflorescencia y del número de flores formadas en el árbol⁴⁷.

El potencial de crecimiento del fruto parece estar determinado tempranamente en su desarrollo. El tamaño del ovario en antesis está inversamente relacionado con el número de flores⁶³. Un mayor tamaño de ovario en antesis se traduce en un crecimiento temprano más acelerado del fruto y en un aumento en su tamaño final⁶¹.

En varios cultivares de naranja y mandarina se ha establecido una relación inversa entre el número de flores y el tamaño del fruto⁶⁰. El número de flores también influye sobre la calidad de la flor. Una reducción en el número de flores está acompañada de un incremento en el porcentaje de inflorescencias con hojas y un crecimiento vegetativo más vigoroso^{2,15}.

El número de frutos finalmente cosechados es una estimación incompleta de los fenómenos de competencia en la fructificación. Un número muy elevado de flores y de frutitos se desprenden durante diversos estadios de desarrollo y la cantidad de metabolitos utilizada en su formación puede representar un porcentaje importante del total utilizado en la fructificación⁶³.

Factores externos del fruto

El factor limitante para el crecimiento del fruto cambia durante los distintos estados de desarrollo del fruto. El peso individual del fruto en madurez está inversamente relacionado con la cantidad de frutos por árbol^{48,61}. La competencia por fotoasimilados entre frutos explica esta relación⁴⁸. Estudios que

involucran la translocación de metabolitos con $^{14}\text{C}^{64}$, o que indican el incremento en el cuajado y crecimiento inicial en naranja Valencia al crecer en una atmósfera enriquecida con $\text{CO}_2^{41,65}$ confirman el efecto de la disponibilidad de carbohidratos en el desarrollo del fruto.

Independientemente del número de flores inicialmente formadas, la supervivencia de los frutos en desarrollo parece estar determinada por la capacidad del árbol para suministrar metabolitos. En cítricos se ha establecido que los frutos en desarrollo importan asimilados de hojas viejas y que las hojas jóvenes no exportan fotoasimilados hasta que su crecimiento es completado al inicio del período de elongación celular³⁶.

La fotosíntesis parece ser crucial en determinar el cuajado del fruto⁶⁶. Una disminución en el número de hojas³⁶, o una inhibición de la actividad fotosintética reduciendo la cantidad de luz⁶⁷, inducen una mayor abscisión. Contrariamente, experimentos con anillado, aclareo de frutos o suplementación de sacarosa resultan en un aumento del porcentaje de cuajado, por el incremento de la disponibilidad de azúcares para el fruto en desarrollo³⁷.

En árboles de *Citrus unshiu*, la defoliación total o parcial en antesis no reduce los niveles de carbohidratos en frutos en desarrollo pero sí incrementa significativamente la primera onda de abscisión³⁶. Agusti; et al.⁶⁸ plantean en mandarina Satsuma cv “Okitsu”, una reducción en la disponibilidad de carbohidratos inducida por defoliación, que provoca la abscisión de frutos durante el estado de elongación celular.

Aparte de las limitaciones en la fuente o en la capacidad de sumidero, la tasa de crecimiento del fruto puede ser potencialmente limitada por la capacidad del camino de transporte. El sistema vascular del pedicelo muestra un aumento gradual en el número de tubos cribosos y vasos, hasta completar su desarrollo al final de la caída de junio, coincidiendo con la fase lineal de acumulación de materia seca^{62,69}.

Bustan; et al.⁷⁰ sugieren una posible dependencia entre la tasa de crecimiento del fruto y la capacidad del sistema de transporte, al demostrar una estrecha relación entre tamaño de fruto y área en sección transversal del pedicelo. García Luis; et al.³⁵ encontraron que la relación entre la vascularización del pedicelo y el tamaño del fruto parece ser más la consecuencia que la causa de las diferencias en la tasa de crecimiento del fruto, y demuestran que las diferencias en vascularización siguen y no preceden las diferencias en la tasa de crecimiento.

Conclusiones y recomendaciones

La fisiología de la producción se ha convertido en el principal soporte para entender el comportamiento productivo en cítricos. Este enfoque ha permitido el desarrollo de prácticas de manejo de la producción, a través de la manipulación exógena de la floración y cuajado del fruto con el uso de reguladores de crecimiento para mejorar la calidad comercial del fruto, prácticas de anillado, entre otras.

Como primer paso, bajo condiciones del trópico colombiano es indispensable la generación de conocimiento básico que permita determinar el modelo fenológico de la especie, considerando las variaciones edafoclimáticas características de los distintos núcleos productivos. La producción de cítricos en el país se localiza en cuatro núcleos geográficos productores: Costa Atlántica, Llanos, Santanderes y Región Centro Occidente. El poco conocimiento que se tiene sobre los parámetros ecofisiológicos que determinan el crecimiento y desarrollo del fruto en cada uno de ellos, hace que las opciones tecnológicas tengan un carácter general. El desarrollo tecnológico alcanzado bajo condiciones subtropicales sirve como información de partida para ajustar metodologías y técnicas que permitan ir construyendo la plataforma de manejo de la especie bajo condiciones del trópico colombiano.

Referencias bibliográficas

1. GOLDSCHMIDT, E. E. & GOLOMB, A. The carbohydrate balance of alternative bearing Citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. In: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1982. Vol. 107. p. 206 - 208.
2. GUARDIOLA, J. L. Flower initiation and development in Citrus. In: Proc. Int. Soc. Citricult. 1981. Vol. 1. p. 242-246.
3. MONSELISE, S. P. Citrus and related genera. In: HALEVY, A. H. (Ed.). Boca Raton, Florida: CRC Handbook of flowering. 1985. p. 257-294. Vol. 2.
4. DAVENPORT, T. L. Citrus flowering. In: Hort. Rev. 1990. Vol. 12. p. 349-408.
5. GARCÍA, Luis A.; *et al.* The transport of sugars in developing fruits of Satsuma mandarin. In: Ann. Bot. 1991. Vol. 68. p. 349 - 357.
6. RIAÑO, N. M.; *et al.* Estudio de crecimiento, fenología y pronóstico de cosecha en naranja Valencia sobre Sunki x English y citrumelo 4475 en la zona centro occidente de Colombia. Chinchiná: Asocitricos-Cenicafé, 2006. 43 p.
7. GUARDIOLA, J. L.; AGUSTÍ, M. & GARCÍA-MARÍ, F. Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange. In: Proc. Int. Soc. Citricult. 1977. Vol. 2. p. 696-699.

8. GARCÍA, Luis A.; *et al.* . The regulation of flowering and fruit set in Citrus: Relationship with carbohydrate levels. In: J. Bot. 1988. Vol. 37. p. 189-201.
9. CASSIN, J.; *et al.* The influence of climate upon the blooming of citrus in tropical areas. In: Proc. Int. Soc. Citricult. 1969. Vol. 1. p. 315-323.
10. HALL, A. E.; KHAIRI, M. & ASBELL, C. W. Air and soil temperature effects on flowering of Citrus. In: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1977. Vol. 102. p. 261-263.
11. NIR, I.; GOREN, R. & LESHEM, B. Effect of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyl triethylammonium chloride (CCC) on flower differentiation in "Eureka" lemon. In: J. Am. Soc. Hortic. Sci. 1972. Vol. 97. p. 774-778.
12. SOUTHWICK, S. M. & DAVENPORT, L. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in Citrus. In: Plant Physiol. 1986. Vol. 81. p. 26-29
13. SAUER, M. R. Growth of orange shoots. In: Aust. J. agric. Res. 1951. Vol. 2. p. 105-17.
14. LENZ, F. Flower and fruit development in 'Valencia Late' orange as affected by type of inflorescence and nutritional status. In: Hort. Res. 1966. Vol.6. p. 65-78.
15. MOSS, G. I. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange (*Citrus sinensis* L. (Osbeck)). In: J. hort. Sci. 1969. Vol. 44, No. 4. p. 31 1-20.
16. AGUSTÍ, M.; GARCIA-MARI, F. & GUARDIOLA, J. L. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. In: Scientia Hortic. 1982. Vol. 17. p. 343-352.
17. SPIEGEL-ROY, Pinhas & GOLDSCHMIDT, Eliezer. Biology of Citrus. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996. 230 p.
18. BECERRA, S. R. & GUARDIOLA J. L. Inter-relationship between flowering and fruiting in sweet orange, cultivar Navelina. In: Proceedings of the International Society of Citriculture. 1984. Vol. 1. p. 190-194.
19. ZUCCONI, G.; MONSELISE, S. P. & GOREN, R. Growth-Abscission Relationships in developing orange fruit. Scientia Horticulturae. October 1978. Vol. 9, No. 2. p. 137-146
20. RUIZ, R. & GUARDIOLA, J. L. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitless in relation to growth and abscission. In: Physiologia Plantarum. 1994. Vol. 90. p. 27-36.
21. DUARTE, A. M. & GUARDIOLA, J. L. Flowering and fruit set on Fortune hybrid mandarin: Effect of girdling and growth regulators. In: Proc. Int. Soc. Citriculture. 1996. Vol. 1. p. 1069-1071.

22. GOLDSCHMIDT, E. E. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. In: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1999. Vol. 34. P. 1020-1024.
23. GUARDIOLA, J. L. Regulation of flowering and fruit development: Endogenous factors and exogenous manipulation. Proc Int Soc Citriculture. 2000. Vol. 9. p. 342-346.
24. GOREN, R.; HUBERMAN, M. y ZHONG, G. Y. Basics aspects of hormonal control of abscission. In: Proc Int Soc Citriculture. 2000. Vol. 9. p. 591-594.
25. IGLESIAS, D. J. & TADEO, F. Carbohydrate and ethylene levels related to fruitlet drop through abscission zone A in Citrus. In: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 2006. Vol. 20, No 3. p. 348-355.
26. LASKOWSKI, L. Características de la abscisión del fruto de naranja *Citrus sinensis* (L). Osbeck. Var. Salustiana. In: Bioagro. 2006. Vol. 18, No 1. p. 25 – 30.
27. PÉREZ, M. & JIMÉNEZ, A. Crecimiento y abscisión del fruto de naranja “Valencia” (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en un huerto del estado portuguesa, Venezuela. En: Bioagro. 2009. Vol. 21, No. 2. p. 133 – 137.
28. GOREN, R. Anatomical physiological and hormonal aspects of abscission in Citrus. In: Hort. Rev. 1993. Vol. 15. p. 145-232.
29. GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H. & GRUISSEM, W. Fruits: A developmental perspective. In: Plant Cell. October 1993. Vol. 5, No 10. p. 1439–1451.
30. TALÓN, M, *et al.* Hormonal regulation of fruit set and abscission in Citrus: classical concepts and new evidence. In: Acta Hort. 1997. Vol. 463. p. 209-217.
31. GÓMEZ-CADENAS, A.; *et al.* Hormonal regulation of fruitlet abscission induced by carbohydrate shortage in citrus. In: Planta. 2000. Vol. 210. p. 636 - 643.
32. KAZOKAS, W. C. & BURNS, J. K. Cellulase activity and gene expression in Citrus fruit abscission zones during and after ethylene treatment. In: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1998. Vol. 123, No 5, p. 781 – 786.
33. ERNER, Y. Citrus fruit set: carbohydrate, hormone and leaf mineral relationships. In: Wright CJ (ed) Manipulation of fruiting butterworth, 1989. p 233-242.
34. RUIZ, R; *et al.* Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in Citrus. In: Ann. Bot. 2001. Vol. 87. p. 805-812.
35. GARCÍA, Luis A.; *et al.* Dry matter accumulation in Citrus fruit is not limited by transport capacity of the pedicel. In: Ann. Bot. 2002. Vol. 90. p. 755-764.
36. MEHOUACHI, J. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. In: Plant Sci. 1995. Vol. 107. p. 189-197.

37. IGLESIAS, D. J.; *et al.* Fruit set dependence on carbohydrate availability in Citrus trees. In: *Tree Physiol.* 2003. Vol. 23. p. 199-204.
38. MOSS, G. I.; STEER, B. T. & KRIEDEMANN, P. E. The regulatory role of inflorescence leaves in fruit-setting by sweet orange (*Citrus sinensis*). In: *Physiol. Plant.* 1972. Vol. 27. p. 432-438.
39. MARTÍNEZ-CORTINA, C. & SANZ, A. Comparison between the effect of the fruit and of exogenous GA₃-applications on source-sink relationships in Citrus sprouts. In: *Ann Bot.* 1991. Vol. 68. p. 143-149.
40. SANZ, A; *et al.* Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. In: *Physiologia Plantarum.* 1987. Vo. 69. p. 93-98.
41. DOWNTON, W.; GRANT, W. & LOVEYS, B. Carbon dioxide enrichment increases yield of Valencia orange. In: *Aust. J. Plant Physiol.* 1987. Vol. 14. p. 493 - 501.
42. LEOPOLD, A. C. & KRIEDMAN, P. E. *Plant growth and development.* 2^a ed. New York: Mc-Graw Hill, 1975. 545 p.
43. TALON, M.; ZACARIAS, L. & PRIMO-MILLO, E. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. In: *Plant Physiol.* 1992. Vol. 99. p. 1575-1581
44. BEN-CHEIKH, Wadii; *et al.* Pollination increases gibberellin levels in developing ovaries of seeded varieties of Citrus. *Plant Physiology.* June 1997. Vol. 114, no. 2. p. 557-564.
45. GONZALEZ-SICILIA; E. *El cultivo de los agrios.* 3^a ed. Valencia: Editorial Bello. 1968.
46. TALÓN, M.; ZACARÍAS, L. & PRIMO-MILLO, E. Hormonal changes associated with fruit set and development in mandarins differing in their parthenocarpic ability. In: *Physiologia Plantarum.* 1990. Vol. 79. p. 400 – 406.
47. GUARDIOLA, J. L. Overview of flower bud induction, flowering and fruit set. In: *The citrus flowering and fruiting short course.* University of Florida (USA) Institute of Food and Agricultural Sciences. Futch , S. H. and Kender, W. J. 1997. p. 5-24.
48. GOLDSCHMIDT; E. E. & MONSELISE, S. P. Physiological assumptions toward the development of a Citrus fruiting model. In: *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 1977. Vol. 2. p. 668-672.
49. AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. & GUARDIOLA, J. L. The regulation of fruit cropping in mandarins through the use of growth regulators. In: *Proceedings of the International Society of Citriculture.* 1981. Vol. 1. p. 216-220.

50. GOREN, R. & MONSELISE, S. P. Survey of hesperidin and nitrogen in the developing flower of the Shamouti orange tree. In: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1964. Vol. 85. p. 218-223.
51. GUARDIOLA, J. L. & LÁZARO, E. The effect of synthetic auxins on fruit growth and anatomical development in Satsuma mandarin. Scientia Horticulturae. March 1987. Vol. 31, No. 1-2. p. 119-130
52. SCHNEIDER, H. The anatomy of Citrus. In: The citrus industry. Vol. 2, Reuther, W., Batchelor, L.D. and Webber, (Eds.). University of California, EE.UU. 1968.
53. TISSERAT, Brent; JONES, Danny & GALLETTA, Paul. Growth responses from whole fruit and fruit halves of lemon cultured in vitro. In: American Journal of Botany. Feb. 1987. Vol. 76, No. 2. p. 238 - 246.
54. TADEO, F. & PRIMO-MILLO, E. Ultrastructural changes in the developing ovaries of Citrus. In: Proc. Int. Soc. Citriculture. 1988. Vol. 2. p. 417 - 429
55. COGGINS, C. W. & Henning, G. L. Grapefruit rind blemish caused by interaction of gibberellic acid and wetting agents. International Citrus. In: Congress (6th : 1988 : Tel Aviv, Israel) : Margraf. 1988. p. 333-338.
56. BURNS, J.; ACHOR, D. & ECHEVERRIA, E. Ultrastructural studies on the ontogeny of Grapefruit juice vesicles (*Citrus paradisi* Macf. Cv Star Ruby). In: Int. J. Plant Sci. 1992. Vol. 153, No 1, p. 14 - 25.
57. REBOLLEDO, A.; GARCÍA, Luis A. y GUARDIOLA, J. L. Efecto del ácido indolacético sobre el desarrollo in vitro de los tejidos del fruto del naranjo dulce. En: Acta Agronómica. 2007. Vol. 56, No. 4. p.177 - 185.
58. ROTH, I. Fruits of angiosperms. In: Encyclopedia of Plant Anatomy. 1977. Vol. 10, 675 p.
59. BAIN, J. M. Morphology, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. In: Australian Journal of Botany. 1958. Vol. 6, no 1. p. 1 - 23
60. GUARDIOLA, J. L. Factores internos que determinan el tamaño del fruto en los agrios. En: Levante Agrícola. 1987. p. 247-250.
61. _____. Factors limiting productivity in Citrus. A physiological approach. In: Proc. Int. Soc. Citriculture. 1988. Vol. 2. p. 381-394.
62. GUARDIOLA, J. L. & GARCÍA-LUIS, A. Increasing fruit size in Citrus. Thinning and stimulation of fruit growth. In: Plant Growth Regul. 2000. Vol. 31. p. 121-132.

63. GUARDIOLA, J. L.; GARCÍA-MARI, F. & AGUSTÍ, M. Competition and fruit set in the Washington navel orange. In: *Physiologia Plantarum*. 1984. Vol. 62. p. 297-302.
64. POWELL, A. A. & KREZDORN, A. H. Influence of fruit-setting treatment on translocation of metabolites-C-14 in Citrus during flowering and fruiting. In: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1977. Vol. 102, No. 6. p. 709-714.
65. IDSO, S. B.; KIMBALL, B. A. & ALLEN, S. G. Net photosynthesis of sour orange trees maintained in atmospheres of ambient and elevated CO₂ concentration. In: *Agric Forest Meteorol.* 1991. Vol. 54. p. 95-101.
66. IGLESIAS, D. J.; *et al.* Regulation of photosynthesis through source:sink imbalance in Citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. In: *Physiol. Plant.* 2002. Vol. 116. p. 563-572.
67. BERÜTER, J. & DROZ, P. Studies on locating the signal for fruit abscission in the apple tree. In: *Scientia Hortic.* 1991. Vol. 46. p. 201-214.
68. AGUSTÍ, M.; *et al.* The synthetic auxin 3,5,6-TPA stimulates carbohydrate accumulation and growth in Citrus fruit. In: *Plant Growth Regul.* 2002. Vol. 36, no 2. p.141-147.
69. LASKOWSKI; *et al.* Vascularización del pedicelo y crecimiento del fruto de *Citrus sinensis* var. Salustiana y su relación con el contenido de ácido indolacético. In: *Bioagro.* 2008. Vol. 20, No 1 p. 11 – 20.
70. BUSTAN, A.; ERNER, Y. & GOLDSCHMIDT, E. Interactions between developing Citrus fruits and their supportive vascular system. In: *Ann. Bot.* 1995. Vol. 76. p. 657-666.

La ecofisiología de los cítricos en el trópico: el caso del Piedemonte Llanero de Colombia

Javier Orlando Orduz-Rodríguez*

Resumen

Los cítricos son un cultivo subtropical, pero se cultivan ampliamente en la mayoría de los países tropicales en el mundo. La industria cítrica más importante se realiza en el subtropico y es en donde se ha generado casi la totalidad de la información científica. En condiciones subtropicales el principal factor climático que influye sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas es la variación de las temperaturas relacionadas con el ciclo anual de las estaciones (verano-invierno), mientras que en condiciones tropicales el principal factor es la presencia o ausencia de la precipitación. En el trópico los cítricos se cultivan desde 0 a 2000 msnm. Dependiendo de la altitud las regiones cítricas tropicales se clasifican: en trópico alto (1500 a 2000 msnm), medio (800 a 1500 msnm) y bajo (0 a 700 msnm). Con los cambios de altitud, la temperatura modifica la sumatoria anual de unidades de calor acumuladas, factor de gran importancia para la escogencia de las variedades a cultivar en cada piso térmico.

* Ingeniero Agrónomo. Ph.D.
Coordinador Nacional Red
Frutales de Corpoica. C.I. La
Libertad, Villavicencio.
Correspondencia:
jorduz@corpoica.org.co

Como modelo de desarrollo del cultivo, en el centro de investigación Corpoica La Libertad, ubicado en el piedemonte del Meta (trópico bajo, suelos ácidos y terrazas altas bien drenadas), se ha venido realizando

desde el año 1997 investigación con cítricos. Este capítulo, presenta la información más relevante obtenida de los estudios de fenología, nutrición vegetal, potencial de rendimiento, requerimientos y balance hídrico, inducción de la floración, crecimiento del fruto y la respuesta de 26 genotipos de naranja a la oferta ambiental local.

Palabras clave: cítricultura tropical, crecimiento y desarrollo, genotipos de naranja, inducción floral, requerimientos hídricos, rendimientos.

Citrus´ ecophysiology in the tropic: The case of Colombian plain region´ s foothill.

Abstract

Citrus crops are subtropical, but they are widely cultivated in most of tropical countries, all over the world. The most important industry of citrus is located in the subtropical zone, and this is the place in which almost all of the scientific information has been generated. Under subtropical conditions, the main weather factor that influences the growth and development of citrus plants is the variation of the temperatures related to the annual season cycles (summer-winter). Under tropical conditions, on the other hand, the main factor is the presence or absence of rains. In tropical zones, citrus are cultivated from 0 to 2000 meters above the sea level. Depending on the altitude, regions for cultivating citrus in the tropic are classified as high tropic (1500 to 2000 meters), mid (800 to 1500 meters) or low (0 to 700 meters). With altitude changes, the temperature modifies the annual sum of heat units accumulated, a very important factor to choose the varieties to cultivate in every thermal floor.

As a development model of the crop, in the Corpoica´s La Libertad research center, located in the Meta foothills (low tropic, acid soils and well drained high terraces) research about citrus has been being made since 1997. This chapter shows the most relevant information obtained from the studies about phenology, plant nutrition, potential of performance, requirements and water balance, induction of the flowering, fruit´s growth and the response of 26 orange phenotypes to the environmental local offer.

Keywords: tropical citrus cultivation, growth and development, orange genotypes, flowering induction, water requirements, performances.

Introducción

El cultivo comercial de las especies cítricas se basa en la exaltación de los caracteres genéticos y en el conocimiento de la influencia que el medio ambiente (factores climáticos y edáficos) ejerce sobre su desarrollo. Las respuestas fisiológicas de la planta provienen de la interacción del genotipo (compuesto por la variedad y el patrón), con el ambiente, y se constituyen en los mecanismos endógenos que controlan el crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas¹.

El resultado de la cosecha final en cítricos, está relacionado con la eficiencia de cada una de las fases fenológicas que la componen, como: inducción floral, floración, cuajado y crecimiento del fruto, pues estas son plantas de desarrollo determinado. Por tanto el estudio de la relación entre las condiciones climáticas en especial de la precipitación con el comportamiento de las fases fenológicas es fundamental para mejorar la productividad de las mismas en condiciones tropicales.

Las mayores producciones por hectárea y la mejor calidad de fruta para consumo en fresco y producción de concentrado de jugo de naranja, son obtenidas en regiones subtropicales, ubicadas entre los 25 a 40° de latitud en ambos hemisferios², estas regiones se conocen como los cinturones citrícolas; son los países ubicados allí, los principales productores mundiales que abastecen la totalidad del mercado de la exportación.

El desarrollo de la citricultura en estas regiones se ha consolidado a través de siglos de experiencia, gracias a la consolidación de las instituciones y fuertes inversiones en investigación y desarrollo tecnológico que han optimizado los sistemas productivos en estas condiciones geográficas, especialmente en el último siglo (XX).

Por otro lado, la citricultura tropical con escasas excepciones, esta orientada al autoconsumo. Su productividad media y calidad de la fruta no son equiparables a las obtenidas en condiciones subtropicales. Existe escasa tradición empresarial en el cultivo y en información científica y tecnológica. Lo anterior, señala la importancia del estudio de la ecofisiología de los cítricos en las condiciones tropicales de Colombia con el fin de mejorar las decisiones para ampliar el área de cultivo, seleccionar las mejores variedades y patrones para cada localidad, aumentar las producciones por hectárea y mejorar la calidad de la fruta. Además, en la fruticultura moderna es fundamental producir a bajos costos, ya sea para el mercado interno como para aumentar la participación de los cítricos en las exportaciones a los nichos de mercado.

Clasificación climática de las regiones cítricas tropicales

Las principales regiones cítricas están en las regiones tropicales bajas, medias y altas; las regiones subtropicales áridas y semiáridas, y las subtropicales húmedas³.

Una metodología para diferenciar las regiones cítricas, es usando el concepto de sumatoria de las unidades de calor anual. Esta se calcula tomando la temperatura media diaria a la cual se le resta 12,5°C, que corresponde a la temperatura mínima necesaria para el crecimiento de los cítricos (0 biológico) y se multiplica por el número de días del año; la sumatoria se representa como unidades anuales de calor acumuladas⁴.

En los trópicos bajos (0 a 700 msnm) es en donde se obtienen las mayores tasas de unidades de calor acumuladas debido a las temperaturas altas y permanentes. Las altas temperaturas medias aumentan la respiración en las plantas, lo que ocasiona la disminución de los niveles de sólidos solubles y de acidez en la fruta²; mientras que en las condiciones de las regiones de media altitud (800 a 1.500 msnm), la temperatura media es menor y por tanto las tasas de respiración también, lo que ocasiona que las frutas pierdan más lentamente la acidez, y en el caso de variedades tardías como la naranja Valencia la fruta madura presenta una alta acidez que afecta la calidad de consumo^{5,6}. En condiciones del piedemonte del Meta (trópico bajo) con 4930 unidades de calor acumuladas en el año, nueve meses y medio después de la antesis, la naranja Valencia obtiene bajos niveles de acidez y una relación de SST/ATT (sólidos solubles totales/acidez total titulable) superior a 9.

Las zonas cítricas tropicales se clasifican de la siguiente manera⁷:

- **Trópico alto:** comprendida entre los 1500 a 2000 msnm^{6,8}. Esta zona presenta baja acumulación de unidades de calor. En algunas de estas regiones se tienen selecciones regionales que se comercializan en mercados locales. Es probable que mandarinas de bajos requerimientos en calor, como las Satsuma y/o algunas selecciones de Clementina, puedan tener buen comportamiento en algunos sitios de esta región.
- **Trópico medio:** Poseen alrededor de 3000 a 3800 unidades de calor acumuladas en el año. Las regiones cítricas colombianas ubicadas en la región Andina y en los valles interandinos (trópico medio), poseen un clima bimodal. En estas condiciones se presentan dos picos de floración anual aunque se puede presentar un número mayor, dependiendo de los ciclos de precipitación, la cantidad de fruta presente en el árbol y la fertilización. La tasa

de desarrollo del fruto en el trópico medio es lenta y las frutas alcanzan un menor tamaño que las producidas en el trópico bajo⁹.

- **Trópico bajo:** Presenta un clima cálido, con alta humedad relativa en la mayor parte del año. Existen regiones que tienen periodos húmedos intercalados con periodos secos (trópicos húmedos-secos), en los cuales la humedad relativa presenta un comportamiento estacional¹⁰. Debido a la abundante precipitación y a las altas temperatura diurnas y nocturnas, las plantas alcanzan el mayor tamaño comparado con otras regiones tropicales y subtropicales¹¹. Se calcula que el tamaño que alcanza una planta en Israel en quince años, lo alcanza en Costa Rica en seis años². En estas condiciones las variedades de mejor comportamiento son las clasificadas en la región subtropical como tardías, siendo en naranja las selecciones del grupo Valencia, las toronjas, la mandarina Arrayana en Colombia y las limas ácidas, sobresaliendo la lima ácida Tahití. El tangelo Minneola presenta un comportamiento productivo intermedio pero tiene la ventaja en que en este piso térmico no tiene daños graves de *Alternaria*.

Resultados de la investigación de cítricos en el Piedemonte del Meta

Colombia inició la investigación de cítricos apenas en la década de 1930 en el Valle del Cauca la cual continuó en las décadas siguientes, ampliándose a Tolima y Antioquia. Esta información permitió consolidar el desarrollo cítrícola realizado en la zona cafetera en la década de 1980. Posteriormente Corpoica inicia sus investigaciones, en el año 1996 para el piedemonte llanero (trópico bajo), y en el 2003 para la altillanura plana.

La orientación de la investigación en el Centro ha estado basada en cuatro ejes fundamentales: 1. Zonificación del cultivo y el manejo de los suelos ácidos. 2. El manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas. 3. La evaluación del comportamiento de variedades y patrones, y 4. La interacción del genotipo con el ambiente de las principales especies cultivadas.

Dentro de la información relevante que ha sido publicada, se tienen reportes sobre el comportamiento de la mandarina Arrayana en diferentes patrones en condiciones de suelos ácidos, la inducción de la floración por estrés hídrico, fenología de las plantas y crecimiento del fruto. De la misma forma se tienen recomendaciones para la zonificación del cultivo, manejo

de correctivos, fertilizantes, densidades de plantación, coberturas y manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas. Con el propósito de incrementar la producción por planta, mejorar la calidad de la fruta y ampliar la época de cosecha se realizan actividades de evaluación en variedades de naranja, mandarina, toronjas y otros cítricos; también se tienen experimentos en los que se evalúan nuevos patrones para naranja Valencia, tangelo Minneola y mandarina Arrayana desde 1997.

Descripción de las características ambientales del Piedemonte del Meta

El piedemonte del Meta presenta las características climáticas del trópico bajo con un régimen de precipitación monomodal, y sin modificaciones apreciables de longitud del día, ni de las temperaturas medias a lo largo del año. El Centro de Investigación La Libertad de Corpoica, está ubicado en Villavicencio (Meta) a una latitud de 4° 03' N; longitud 73° 29' W y una altitud de 336 msnm. La clasificación climática de la región corresponde a bosque húmedo tropical (IGAC, 2004), la temperatura y precipitación media anual es de 26° C y 2.918 mm, respectivamente. Se presenta exceso de humedad para el cultivo durante nueve meses (marzo a noviembre), y déficit de diciembre a febrero⁷.

Los suelos apropiados para el cultivo de cítricos en los Llanos Orientales, son aquellos que se agrupan en la clase IV (*Typic Haplustox*), conocidos como terrazas altas del piedemonte Llanero. Estos suelos presentan texturas franco arenosas a franco arcillosas con un nivel freático mayor de 3 metros; presentan un pH ácido, baja capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de aluminio en el complejo de cambio y baja saturación de bases, además de bajos niveles de materia orgánica, fósforo y elementos menores¹²; esta es la causa de la necesaria aplicación de correctivos antes del establecimiento y periódicamente con la fertilización¹³.

Producción anual de las variedades de cítricos utilizadas comercialmente en la región

Los resultados obtenidos en la evaluación de los principales cultivares plantados en la región se muestran en la **figura 1**. La distancia de plantación utilizada fue de 8x6m (208 plantas ha⁻¹), para las tres especies (naranja Valencia, mandarina Arrayana y lima Tahití y a 9x7m (158 plantas ha⁻¹) para el híbrido tangelo Minneola. En la **figura 1**, se muestran los resultados obtenidos durante 12 años después del transplante¹⁴. En esta evaluación se utilizó el patrón

Cleopatra que es el testigo regional. Las yemas para injertar las plantas fueron tomadas de cultivos comerciales.

De acuerdo con la investigación, la lima Tahití es el material más precoz y de mayor producción en los primeros años, aunque 6 años después del transplante esta empieza a decrecer debido al daño de la tristeza de los cítricos (CTV). Por otro lado, el tangelo Minneola presenta una tardía entrada a producción lo cual esta relacionado con la necesidad que tiene de obtener polinización cruzada de otras especies en especial de mandarina².

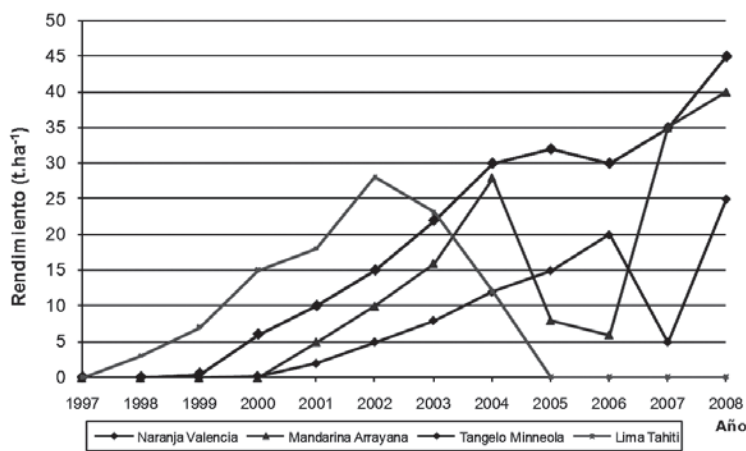


Figura 1. Rendimiento de tres variedades de cítricos y un híbrido, en el C.I. La Libertad, Villavicencio-Meta. Periodo comprendido entre 1997-2008.

Fuente: Mateus, *et al.* 2010.

Otro aspecto que esta limitando el potencial de rendimiento del tangelo es la presencia del viroide de la Exocortis (CEVd). La producción de mandarina Arrayana, presentó una caída drástica durante el octavo y noveno año después del transplante, cosechas 2005 y 2006 respectivamente. Este comportamiento estuvo relacionado con la presencia de lluvias extemporáneas durante la época seca, lo que ocasionó que se anticipara la floración por lo menos dos meses. La presencia de la principal floración durante la época seca y en ausencia de riego, originó una excesiva caída de flores y por ende una baja producción en la cosecha de esos períodos. El cultivar de mejor comportamiento productivo fue la naranja Valencia lo que señala la buena adaptación de esta variedad a las condiciones ambientales del piedemonte del Meta y a las prácticas de manejo agronómico del cultivo.

Estudios sobre la relación entre el clima y las respuestas en crecimiento y desarrollo de los cítricos en el Piedemonte del Meta

Requerimientos y balance hídrico de la mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta

En la **figura 2**, se presenta el balance hídrico del cultivo de mandarina Arrayana. En esta se observa como las plantas soportan el estrés hídrico durante tres meses del año (de diciembre a febrero), mientras que en los demás meses la oferta hidrica es suficiente. El estrés hídrico ocasionado por dicha ausencia de lluvias, proporciona las condiciones ambientales que originan la inducción de la floración; al iniciarse las lluvias en marzo, las plantas recuperan su turgencia y reinician sus procesos de crecimiento y desarrollo con la brotación vegetativa, y el posterior desarrollo de la floración (dos semanas después de iniciarse la precipitación al finalizar la época seca). Al calcular los requerimientos de las plantas se encontró que un cultivo adulto puede estar requiriendo en promedio 1.046 mm de agua al año, que es el 77% de la evaporación total anual calculada¹⁵.

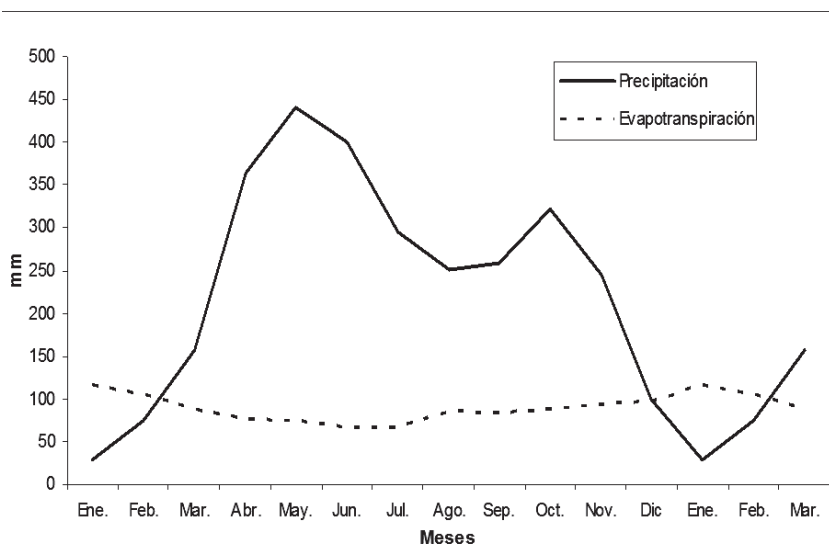


Figura 2. Balance hídrico entre la precipitación promedio anual y la evapotranspiración del cultivo de cítricos en el C.I. La Libertad, Villavicencio - Meta. Datos climáticos promedio de 20 años.

Fuente: Orduz y Fischer, 2007.

Estudio del déficit hídrico en mandarina Arrayana y su relación con la floración

En la **figura 3** se presenta la información de la precipitación, y los requerimientos hídricos estimados del cultivo de ‘Arrayana’ desde la última semana de noviembre hasta la segunda semana de marzo. En la figura se puede apreciar que el déficit hídrico se obtuvo en la primera semana de diciembre, luego en la tercera y cuarta semana del mismo mes se contabilizó una precipitación de 24 mm de precipitación. El mes de enero fue seco; en la primera semana de febrero se contabilizó 7,5 mm de precipitación (sin romper el reposo de las plantas); mientras que en la última semana de febrero se presentó una precipitación de 28,7 mm que inició el desarrollo de la brotación seguida de la floración dos semanas después. La mandarina ‘Arrayana’ presentó la principal floración después de un periodo de estrés hídrico de 90 días, acumulando un déficit de 247 mm, durante este periodo.

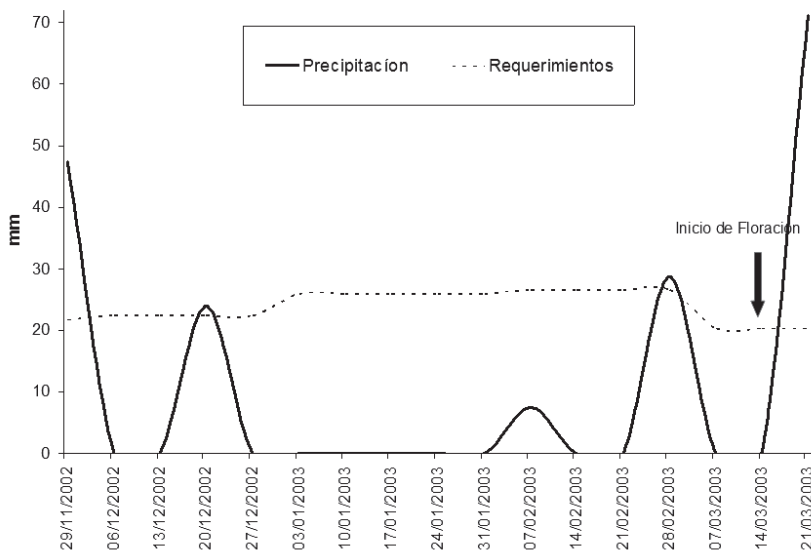


Figura 3. Requerimientos hídricos semanales de la mandarina ‘Arrayana’, precipitación y su relación con el comportamiento de la floración. C.I. La Libertad, Villavicencio – Meta. Noviembre de 2002 a marzo de 2003.

Fuente: Orduz y Fischer, 2007.

Fenología de las plantas de mandarina Arrayana en el Piedemonte del Meta

En la **figura 4** se presenta el desenvolvimiento vegetativo de las plantas durante un ciclo anual del año 2004, en el cultivo de mandarina Arrayana en condiciones del C.I. La Libertad.

Las plantas presentaron brotaciones vegetativas durante un periodo de 9 meses. La menor brotación ocurrió en enero; mientras que en marzo, después del inicio de la temporada lluviosa, más del 90% de las ramas evaluadas presentaron brotaciones. Durante los meses de mayo y junio no se presentaron brotaciones y luego estas se reiniciaron en julio, agosto, septiembre y octubre con brotaciones mensuales de 54%, 13%, 13% y 32%, respectivamente.

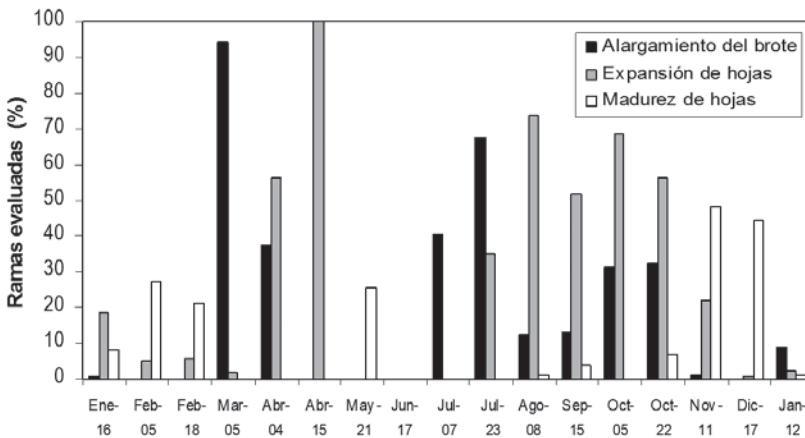


Figura 4. Evolución del desarrollo de brotes y hojas en árboles de mandarina ‘Arrayana’ en el C.I. La Libertad, Villavicencio, 2004.

Fuente: Orduz, et al., 2010.

Los cultivares de cítricos de mayor importancia comercial presentan una floración abundante. De acuerdo con Erickson y Brannaman¹⁶, se han contabilizando de 100 a 200 mil flores en un árbol adulto; sin embargo menos del 1 a 2% de estas flores llegara a fruta madura. En la **figura 5**, se observa como en el 40% de las ramas evaluadas presentaron flores en la primera semana de marzo, mientras que el porcentaje de ramas con estructuras reproductivas decreció en las lecturas siguientes evidenciando la disminución de estructuras reproductivas en el transcurso del tiempo.

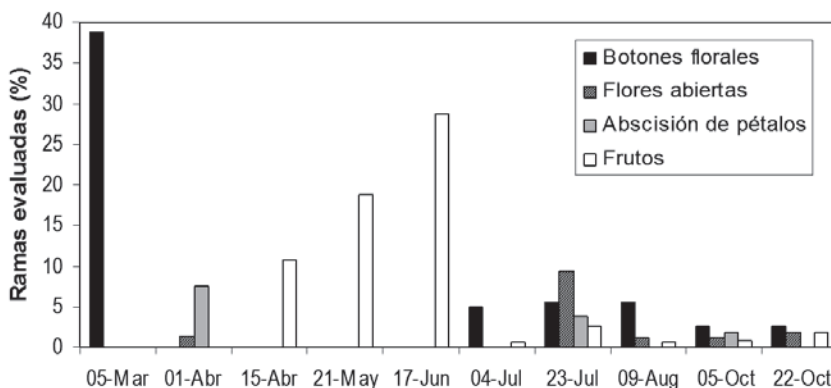


Figura 5. Evolución de las fases reproductivas en árboles de mandarina ‘Arrayana’, en condiciones del Piedemonte del Meta, Villavicencio, 2004.

Fuente: Orduz, *et al.*, 2010.

En este trabajo¹⁷ se concluyó que: 1. las plantas de mandarina Arrayana presentaron tres flujos de brotación anual, en las épocas de marzo-abril, julio-agosto y septiembre-octubre. Este comportamiento se asemeja al obtenido en regiones subtropicales y esta relacionado con el comportamiento monomodal de la precipitación en el Piedemonte del Meta. 2. La principal floración de la mandarina ‘Arrayana’ se presentó con la brotación de marzo (dos a tres semanas después del inicio de las lluvias). Este comportamiento confirma al estrés hídrico como el principal factor de la inducción floral en condiciones tropicales. 3. Además de la floración inicial se observaron flores extemporáneas durante los meses de lluvia en ausencia de estrés hídrico. Se desconoce qué factores endógenos están influyendo sobre la inducción floral en ausencia de estrés hídrico.

Duración de la floración

En el año 2003 se evaluó la duración del proceso de floración, entre la apertura de pétalos y la finalización de esta fase fenológica (caída de pétalos y de estigma). La información se presenta en la **figura 6**. La duración de esta fase fue de 9 días en el C.I. La libertad; mientras que el mismo proceso tardó en el mediterráneo español alrededor de 23 días para las primeras flores (con leves variaciones en los diferentes ciclos), entre el 15 de abril y el 7 mayo¹⁸, esto en variedades como Ellendale, Fortune y Oronules.

El ciclo total de la floración (de apertura de pétalos a antesis), es en promedio de 40 a 50 días en el mediterráneo español (1.600 u.c. acumuladas al año), y menos de 2 semanas en el Piedemonte del Meta (4.928 u.c.). Lo anterior demuestra la influencia de las altas temperaturas del trópico bajo, sobre la disminución de la duración de la fase de floración de la mandarina, y la diferencia apreciable con la duración de la misma fase en condiciones subtropicales.

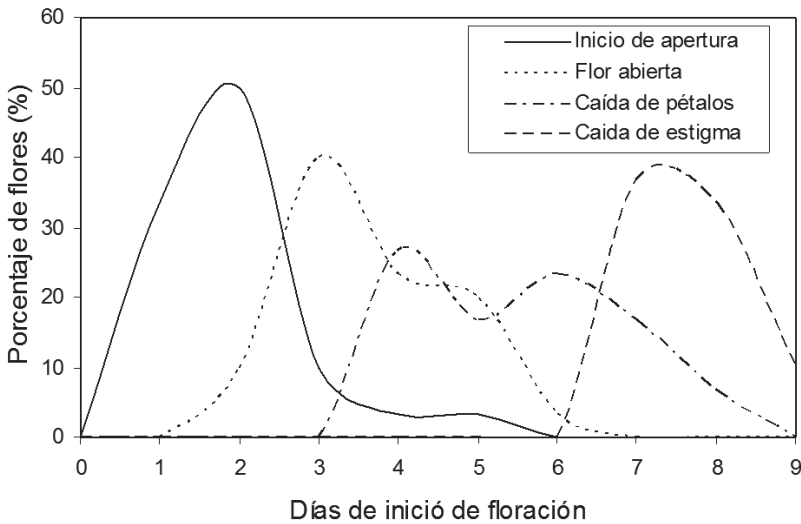


Figura 6. Estados fenológicos en la floración de mandarina 'Arrayana' en el C.I. La Libertad, Villavicencio - Meta. 2003.

Fuente: Orduz y Fischer, 2007.

Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina Arrayana en el Piedemonte del Meta

En la **figura 7**, se presenta la información sobre la acumulación de peso fresco, seco y la tasa relativa de crecimiento ($gg^{-1} d^{-1}$) del fruto de la mandarina Arrayana. El incremento del peso fresco del fruto es constante. El rápido aumento de peso está relacionado con las adecuadas condiciones climáticas que posee la región para la acumulación de materia seca, en especial de la temperatura y de la suficiente precipitación en esta fase de desarrollo del fruto. La disminución del peso fresco en las dos últimas lecturas puede estar relacionado con el inicio de la época seca lo que ocasionaría un déficit hídrico durante el cual la planta puede tomar agua de los frutos disminuyendo el peso fresco⁷.

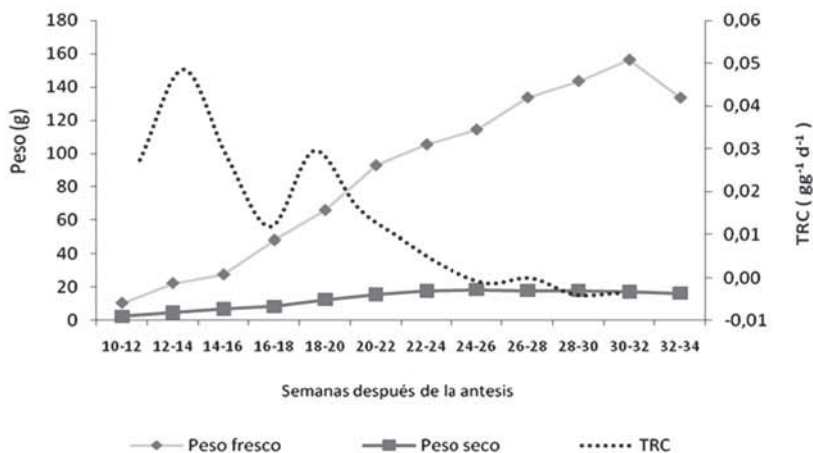


Figura 7. Acumulación de materia seca (peso seco), fresca (peso fresco) y la tasa relativa de crecimiento ($gg^{-1} d^{-1}$) en frutos de mandarina ‘Arrayana’ en condiciones del piedemonte del Meta, a partir de la 10ª semana después de la antesis (20 de junio a 23 de diciembre de 2003).

Fuente: Orduz, *et al.*, 2009.

La duración de las fases de crecimiento del fruto de la mandarina ‘Arrayana’ en las condiciones del piedemonte del Meta, fue: fase I: 5 semanas; la fase II: 5 meses; mientras que la fase III duró aproximadamente 2 meses. Los frutos pueden permanecer un mes más en el árbol sin perder la calidad de consumo. La tasa de crecimiento relativo del fruto tuvo un incremento de materia seca de 0,2 g semana promedio desde semana 12 a la 16, disminuyendo a 0,1g por semana promedio hasta la semana 27 cuando disminuye a cero. El incremento del peso fresco en los últimos 3 meses de su desarrollo fue exclusivamente por el aumento del contenido de agua¹⁹.

Comportamiento y selección de cultivares de naranja en condiciones del Piedemonte del Meta

En 1999 se establecieron 26 genotipos de naranja (variedades y selecciones regionales), en el Centro de Investigación La Libertad. Las plantas se injertaron sobre el patrón mandarina Cleopatra. A estos materiales se les llevó registros de crecimiento vegetativo, de producción y calidad de los frutos a partir del año 2004. La información de la producción anual y acumulada se presenta en la **tabla 1**.

Tabla 1. Producción anual y acumulada (Kg árbol⁻¹). Durante cinco cosechas de 2004 a 2008 de 26 cultivares de naranja. C.I. La Libertad. Villavicencio-Meta. Árboles plantados en 1999.

Variedad - selecciones regionales	2004	2005	2006	2007	2008	Producción Acumulada (Kg/árbol)
Cuban Queen	39,2	55,7	20,2	3,6	26,6	145,3
Pera de Río	4,7	42,1	53,2	8,1	23,5	131,7
Pinneapple II	16,6	25,6	27,0	6,7	38,7	114,6
Enterprise	12,6	29,1	15,9	4,4	52,2	114,1
Salerma	21,6	48,6	14,2	2,6	8,4	95,3
Naranjal Excelente	36,1	0	19,8	6,2	29,8	91,9
Madame Vinois	10,1	36,8	28,3	2,6	11,3	89,1
Galicia	8,6	28,0	19,5	1,8	24,0	81,8
Hamlin	3,7	20,3	28,2	5,4	21,1	78,7
Naranjal Ombligona	6,4	33,5	16,1	4,6	16,8	77,5
Palmira Ruby	10,5	44,0	8,4	4,1	10,0	77,0
Parson Brown	2,2	11,0	12,8	5,8	32,6	64,4
VN 8*	8,9	0	38,9	4,3	10,4	62,5
Lerma	6,1	7,4	18,4	0,0	17,4	49,4
Nativa Naranjal	5,6	3,0	11,1	4,1	19,1	42,9
Pinneapple	0,6	10,5	6,2	2,6	23,0	42,9
Rico	0,5	1,9	16,5	3,6	12,2	34,6
Salustiana	1,3	2,5	22,7	0	3,3	29,8
VN 7*	15,1	0	8,0	0,9	5,0	29,0
García Valencia	13,6	0,0	7,4	3,6	4,3	28,9
V. Washington II	3,5	2,1	6,7	1,4	8,7	22,5
V. Washington	0	0	3,6	3,4	2,2	9,2
Atwood navel	0	0	1,6	0	1,9	3,5
Moro Blood	0	0	0	0	0	0
Jaffa	0	0	0	0	0	0
Lane Late	0	0	0	0	0	0

Fuente: Orduz y Avella, 2008.

De acuerdo con su producción, los genotipos se clasificaron como: **1. Genotipos de alta producción:** Cuban Queen, Pera de Río, Pineapple II, Enterprise y Salerma. Además presentaron la mayor precocidad. **2. Genotipos de producciones intermedias:** Naranjal Excelente, Madame Vinois, Galicia, Hamlin, Naranjal Ombligona, Palmira Ruby, Parson Brown y Valencia Naranjal 8. **3. Genotipos de producciones bajas:** Estos cultivares fueron: Lerma, Nativa Naranjal, Pineapple, Rico, Salustiana, VN7, García Valencia, Valle Washington II, Valle Washington y Atwood Navel. Tres de los veintiséis genotipos evaluados no presentaron producción, estos son: Moro Blood, Lane Late y Jaffa²⁰.

Calidad de los frutos

Los frutos de los cítricos son no climatéricos, por lo cuál es necesario cosecharlos con las características apropiadas para su consumo²¹.

La calidad interna de los frutos se evaluó en cada cosecha, 9 meses después del final de la antesis (caída de pétalos). La información obtenida sobre el contenido de jugo de los genotipos evaluados se presenta en la **figura 8**.

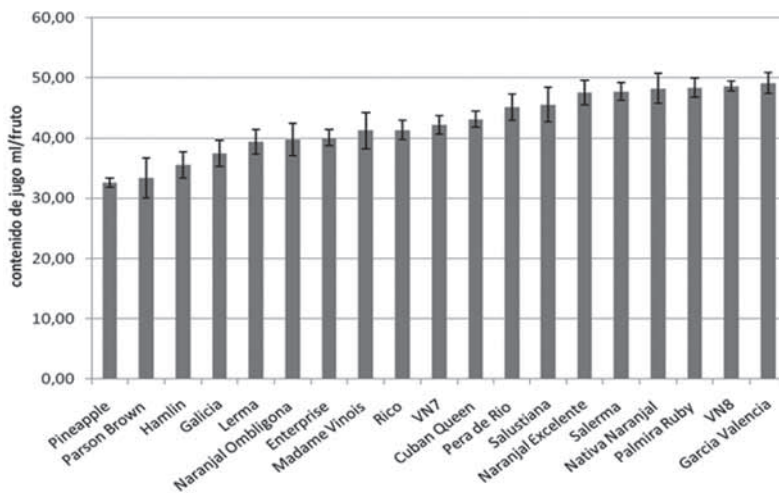


Figura 8. Contenido de jugo (%). Promedio de 5 cosechas de 23 genotipos de naranja. C.I. La Libertad. Villavicencio-Meta. Árboles plantados en 1999. Frutos cosechados nueve meses después de antesis. Medias con error típico.

Fuente: Orduz y Avella, 2008.

El porcentaje mínimo de jugo para la aceptación comercial es 40 %; genotipos que no tengan frutos con esas características deben ser descartados en el proceso de selección. Este es el caso de las Navel, Pinneapple, Parson Brown y Hamlin. Algunos frutos de estas variedades pueden tener su madurez de consumo antes de los 9 meses después de la antesis, debido a que son variedades de cosecha temprana o intermedia en condiciones subtropicales. Las variedades con las mejores producciones deben seguir en evaluación para determinar el momento óptimo de cosecha y así precisar las características de calidad.

Índice de madurez

En el **figura 9**, se observa la relación entre °Brix y % de ácido cítrico, también conocida como Ratio o índice de madurez de los frutos. Los genotipos que presentaron frutos con los valores mas bajos fueron; Salerma (8.5), Nativa Naranjal (8.9), VN8 (9.0), Naranjal Excelente (9.6), Cuban Queen (10.4), VN7 (10.5), García Valencia (10.7) y Pera de Río (10.7). Las variedades con valores mas altos fueron; Atwood navel (18.7), Naranjal Ombligona (23.3), Galicia (25.5), Valle Washington (25.7) y Parson Brown (27.6)²⁰.

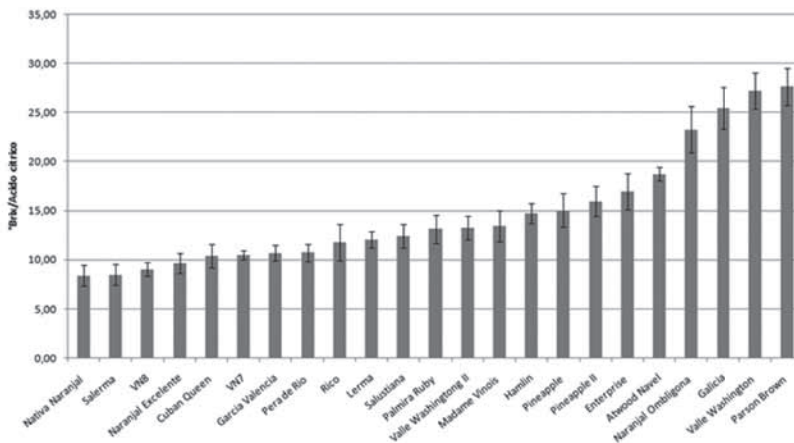


Figura 9. Índice de madurez (°Brix/% Ácido Cítrico). Promedio de 5 cosechas de 23 genotipos de naranja. C.I. La Libertad. Villavicencio-Meta. Árboles plantados en 1999. Frutos cosechados nueve meses después de antesis. Medias con error típico.

Fuente: Orduz y Avella, 2008.

Índice de madurez de 10 hasta 12 o 13 se consideran los mejores para el consumo. Los genotipos que presentan un bajo índice de madurez a los 9 meses después de la antesis pueden tener interés para ser evaluados como variedades tardías ya que pueden permanecer en el árbol un periodo mayor antes de ser cosechados; mientras que los de mayores niveles de índice de madurez como Galicia o Enterprise pueden presentar sus mejores características de consumo entre el 7º y 8º mes lo que necesita ser evaluado para identificar variedades tempranas que permitan ampliar la época de cosecha en la citricultura llanera y del trópico bajo del país.

Selección de variedades e híbridos comerciales de cítricos en condiciones del Piedemonte Llanero de Colombia (2000 – 2009)

En el año 2000 se estableció el ensayo para evaluar el comportamiento de 13 variedades e híbridos comerciales de las principales especies de cítricos en las condiciones del piedemonte llanero, con el fin de seleccionar cultivares para la futura recomendación de nuevas variedades a los agricultores de la región.

A partir del año 2004 se tomó registro del crecimiento de las plantas, la producción y la calidad del fruto. Obteniendo los siguientes resultados:

Producción:

Nueve de los 13 materiales evaluados inician su producción en el año 2004, aunque es hasta el 2005 que uno de ellos logra una producción de importancia comercial. Es posible que el patrón mandarina Cleopatra este relacionado con la tardía entrada en producción, al transmitir esta característica al material sobre el cual se injerta²².

Los materiales considerados como los de mejor adaptación a las condiciones de la región, son los cinco que se encuentran al final de la **tabla 2**, los cuales presentaron la producción acumulada más alta.

Calidad de los frutos

En la **figura 10** se presenta el peso promedio de fruto fresco para cada cultivar.

Por su bajo peso y tamaño, unido a las bajas producciones y problemas sanitarios (en el caso del Page), se consideró que los tangelos Page y Pear,

Tabla 2. Producción promedio anual y acumulada (Kg árbol⁻¹) de seis cosechas en trece cultivares de cítricos plantados en el año 2000. C.I. La Libertad. Villavicencio-Meta.

Cultivares/años	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Producción acumulada
Valencia Midknigth	1,0	18,7	36,5	14,4	20,5	7,5	98,6
Valencia Delta		12,8	26,4	8,8	44,8	10,5	103,3
Cara - Cara Navel	3,2	17,3	31,5	27,4	23,2	1,6	104,2
Tangelo Minneola		1,8	10,0	37,6	49,1	28,5	127,0
Toronja Rio Red	3,4	79,7	8,6	13,7	26,3	7,8	139,6
Tangelo Pear	14,9	3,7	57,4	17,0	43,3	10,0	146,4
Tangor Ellendale	3,2	4,8	5,5	6,2	121,6	50,0	191,2
Valencia Rhode Red		3,7	32,2	110,4	31,1	18,2	195,6
Naranja Crescent Sweet		3,3	19,3	115,1	137,4	18,8	293,9
Toronja Star Ruby	14,5	24,5	72,6	69,8	80,5	40,5	302,4
Tangelo Page	9,6	18,4	27,1	97,2	118,5	59,8	330,6
Tangelo Orlando	17,0	3,4	37,9	148,3	215,4	8,9	430,8
Mandarina Dancy	24,5	9,2	87,0	102,2	305,6	17,6	546,2

Fuente: Orduz, *et al.* 2010

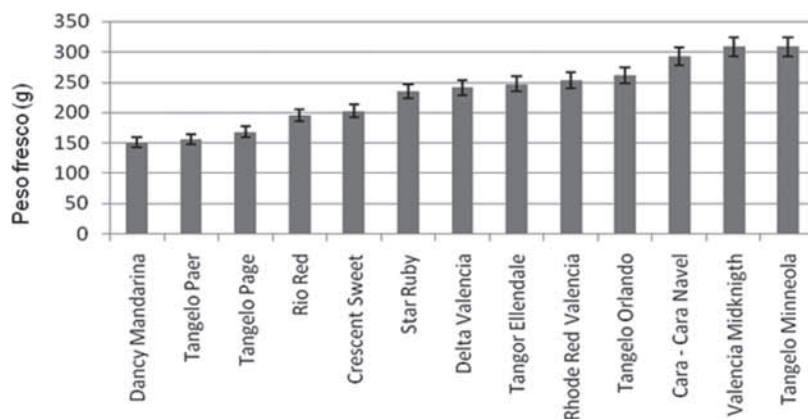


Figura 10. Peso promedio de frutos (g) en trece variedades e híbridos comerciales de cítricos en el C.I. La Libertad. Promedio de 5 cosechas. Villavicencio-Meta. (Árboles establecidos en el año 2000. (Medias con error típico).

Fuente: Orduz, *et al.* 2010

no presentaban atributos de interés para continuar con su proceso de desarrollo como variedades en las condiciones tropicales, pues normalmente el consumidor espera que el tangelo tenga un mayor tamaño que las otras especies cítricas.

Índice de madurez

En la **figura 11**, puede observarse el índice de madurez obtenido para los 13 materiales evaluados.

Los valores clasificados como mejores para el consumo -entre 10 y 13-, lo obtuvieron los siguientes cultivares: la Valencia Delta, los tangelos Page, Orlando y Minneola, el tangor Ellendale y la mandarina Dancy; seguidos de las Valencias Rhode Red y Midknight que estuvieron entre 8 y 8.4%. Río Red y Star Ruby presentaron los índices más bajos; sin embargo estos resultados corresponden a una buena calidad de fruta para esta especie. Por ultimo las naranjas Crescent Sweet y Cara Cara navel presentaron los mayores valores de índice de madurez entre 17 y 20, lo que indica que son frutas de madurez temprana y su cosecha puede hacerse alrededor de 6 a 7 meses después de la caída de pétalos.

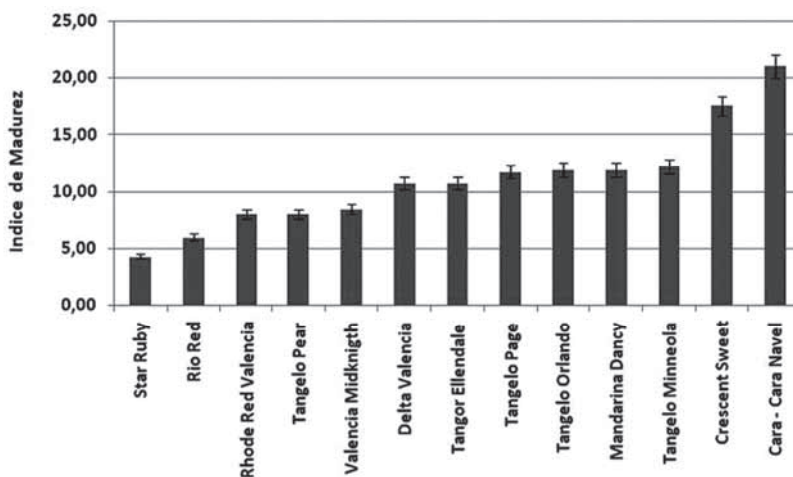


Figura 11. Índice de Madurez de trece cultivares de cítricos establecidos en el año 2000 en el C.I. La Libertad. Villavicencio-Meta. (Medias con error típico).

Fuente: Orduz, *et al.* 2010

Finalmente por su comportamiento deficiente en las principales variables evaluadas se descartan los cultivares de naranja Cara-Cara navel, la toronja Rió Red, el clon evaluado de tangelo Minneola y el tangelo Pear²³.

Conclusiones

- Los cultivos de cítricos en el trópico se ubican en zonas altas, medias y bajas de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar y su influencia sobre la temperatura media. Estos factores climáticos son importantes para la selección de especies y variedades a cultivar.
- La presencia o ausencia de precipitación es el principal factor climático que influye sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de cítricos en el trópico.
- En suelos ácidos de terraza alta del piedemonte del Meta una vez se ha realizado la corrección de la acidez y la fertilización de forma apropiada los principales factores que limitan el potencial de rendimiento son: el virus de la tristeza en lima Tahití, patrones tardíos en naranja Valencia, polinización cruzada en tangelo Minneola y deficiencias en el cuajado del fruto en mandarina Arrayana debido a las floraciones extemporáneas en la época seca.

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento a: Dr. Jaime Triana Restrepo director del C.I. La Libertad de Corpoica en Villavicencio por su apoyo para construir y desarrollar el programa de investigación en cítricos y frutas tropicales en los Llanos; al personal administrativo de CORPOICA C.I. La Libertad. A Heberth Velásquez, Capitolino Ciprian, Alfredo Pardo, David López y Melba Mora, por el acompañamiento, y apoyo durante tantos inviernos y veranos cuidando, cosechando y evaluando los árboles y frutos; a los estudiantes de tesis y pasantía en las actividades de investigación. A los financiadores, en especial el Ministerio de Agricultura y el Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola; finalmente a las Ing. Agrónomas: Diana Mateus y Claudia Calderón por sus contribuciones de los últimos años en las actividades del programa de investigación de cítricos en los llanos orientales.

Referencias bibliográficas

1. AGUSTÍ, Manuel. Citricultura. 2^a ed. Barcelona: Ediciones Mundi-Prensa, 2003. 422 p.

2. DAVIES, F. S. y ALBRIGO, L. G. Citrus. Wallingford, U.K.: CAB International, 1994. 254 p.
3. DAVIES, F. S. An overview of climatic effects on citrus flowering and fruit quality in various parts of the world. En: Proceedings of Citrus Flowering and Fruit short course. University of Florida: IFAS - Citrus Research and Education Center, 1997. p. 1-4.
4. MENDEL, K., The influence of temperature and light on the vegetative development of citrus trees. En: Proceedings of the First International Citrus Symposium. 1969. 1. p. 259-265.
5. MONCADA, J.; RÍOS-CASTAÑO, D. y TORRES, R. Calidad de frutos cítricos en Colombia. En: Agricultura Tropical. 1968. Vol. 24. p. 518-526.
6. RÍOS-CASTAÑO, D. y CAMACHO, S. Cítricos. En: Frutales. Manual de Asistencia Técnica No. 4. Tomo 1. 2. Ed. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario, 1980. p 23-124.
7. ORDUZ, J. Estudios ecofisiológicos y caracterización morfológica y molecular de la mandarina 'arrayana' (*Citrus reticulata* Blanco) en el piedemonte llanero de Colombia. Tesis doctoral. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2007. 130 p.
8. SÁNCHEZ, L. A.; JARAMILLO, C. y TORO, J. C. Fruticultura colombiana-Cítricos. Manual de asistencia técnica No. 42. Cali: ICA y SENA, 1987. 97 p.
9. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo de los cítricos. Manizales: Litografía Cafetera , 1990. 28 p.
10. LYDOLPH, Paul E. The climate of the Earth. Totowa, New York, USA: Rowman and Allanheld Pub, 1985. 402 p.
11. REUTHER, W. Citrus. En: Ecophysiology of tropical crops. ALVIM, P. y KOZLOWSKI, T. (eds.). New York: Academic Press, 1977. p. 409-439.
12. SÁNCHEZ, L. F. y GONZÁLEZ, F. Una aproximación sobre el presente y futuro de la Orinoquia Colombiana. En: Revista SIALL. 1989. Vol. 6, No. 2. p. 39-49.
13. ROMÁN, C. Limitaciones y ventajas de los suelos de los Llanos orientales para el establecimiento de frutales. En: Suelos ecuatoriales. 1996. Vol. 26, No. 1. p. 54-61.
14. MATEUS, D.; *et al.* Evaluación económica de la producción de cítricos cultivados en el Piedemonte del Departamento del Meta durante 12 años. En prensa. 2010.
15. ORDUZ, J., y FISCHER, G. Balance hídrico y estudio de la influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo de la floración de la mandarina

- “Arrayana” en el piedemonte llanero. En: *Agronomía Colombiana*. 2007. Vol.25, No.2. p. 255-263.
16. ERICKSON, L. C. y BRANNAMAN, B. L. Abscission of reproductive structures and leaves of orange trees. En: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1960. Vol. 75. p. 222-229.
 17. ORDUZ, J.; CASTIBLANCO, S.; CALDERÓN C. Y VELASQUEZ, H. Selección de variedades e híbridos comerciales de cítricos en condiciones del Piedemonte Llanero de Colombia (2000 – 2009). En prensa. 2010.
 18. BONO, R.; SOLER, J. y BUJ, A. Parámetros de calidad de los cítricos: el problema de las semillas. En: *Revista Comunitat Valenciana Agraria*. Nº 16. 2000. p. 7-15
 19. ORDUZ, J.; MONROY, H.; FISCHER, G. Y HERRERA, A. Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina Arrayana’ (*Citrus reticulata*) ‘en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. En: *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2009. Vol. 3, No. 2. p. 149-160
 20. ORDUZ, J. y AVELLA, F. Comportamiento de 26 cultivares de naranja en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. En: *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2008. Vol. 2, No. 2. p. 157-172.
 21. AGUSTÍ, Manuel. Prólogo en: *Histología y Citología de cítricos*. TADEO, F.; MOYA, J. L., IGLESIAS, D.; TALÓN, M. y PRIMO-MILLO, E. Valencia, España: Generalitat Valenciana, 2003. 99 p.
 22. CASTLE, W. S. Citrus rootstocks. En: ROM, R. C. y CARLSON, R. C. (eds.). *Rootstocks for fruit crops*. New York: John Wiley and Sons, 1987. p. 361-369.
 23. ORDUZ, J.; MONROY, H. y FISCHER, G. Comportamiento fenológico de la mandarina ‘Arrayana’ en el piedemonte del Meta, Colombia. En: *Agronomía Colombiana*. 2010. Vol. 28, No. 1. p. 63-70.

Insectos de los cítricos

Guillermo León M.*

Resumen

En Colombia los cultivos de cítricos pueden ser atacados por varias especies de insectos y ácaros dañinos, que afectan el desarrollo de los árboles, limitan su producción y disminuyen la calidad de la fruta. Los costos de las prácticas utilizadas para controlar y evitar los daños causados por plagas, influyen en la rentabilidad económica de las explotaciones cítricas comerciales.

El conocimiento de la amplia biodiversidad presente en cultivos de cítricos, además de la necesidad de disminuir los costos de producción y la exigencia de los consumidores por frutas con menos residuos de plaguicidas, especialmente en países importadores, han fortalecido los estudios sobre el control biológico y el manejo integrado de plagas (MIP) para cultivos de cítricos durante los últimos años.

La investigación científica en el país para el área del control de plagas debería estar orientada hacia el aprovechamiento de la biodiversidad de especies, buscando la reducción del impacto en el ecosistema, en el ambiente y en la salud humana, bajo el enfoque de manejo integrado de plagas. Se requiere definir niveles económicos de daño y umbrales de

* Candidato a doctor en Entomología. C.I. La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
Correspondencia:
gleon@corpoica.org.co

acción sobre las plagas más limitantes en cultivos de cítricos. Es fundamental la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPAs), y la utilización de productos legalmente autorizados en caso de ser necesario el control químico. Para cítricos con fines de exportación, se deberán utilizar únicamente los productos químicos autorizados por el país de destino y respetar los límites máximos de residuos (LMRs).

En este capítulo se resalta la importancia de los enemigos naturales y se presenta además una información básica para la implementación de programas de manejo integrado de plagas en cultivos de cítricos, dirigida hacia la disminución del uso de plaguicidas, menores costos de producción, menor impacto ambiental y la posibilidad de obtener fruta con tecnologías más limpias y respetuosas del medio ambiente.

Palabras clave: cítricos, plagas, manejo integrado de plagas, Buenas Prácticas Agrícolas.

Insects of citrus

Abstract

In Colombia citrus crops could be attacked by several species of harmful insects and mites, which affect the development and production of trees, as well as reduce the quality of fruits. The costs of practices to control and prevent damage caused by pests have influence in the economic profitability of the commercial citrus farms.

Knowledge of the wide biodiversity in citrus crops, as well as the need to reduce production costs and consumer demand for fruits with less pesticide residues, especially in importing countries, have strengthened research on biological control and integrated pest management (IPM) for citrus crops in recent years.

Scientific research in the country to pest control should be directed to the use of biodiversity of species, looking for the reduction of the impact on the ecosystem, the environment and human health, under the approach to integrated management pests. It is required to define economic injury levels and thresholds for action on constraints pests in citrus crops. Also is essential the implementation of good agricultural practices (GAPs) and use of products legally authorized if necessary chemical control. For exportation citrus, should only use chemicals approved by destination country and respecting maximum residue limits (MRLs).

This chapter highlights the importance of natural enemies and also presents basic information for the implementation of integrated pest management programs in citrus crops, directed to reduce the use of pesticides, lower production costs, reduced environmental impact and the possibility of getting fruits with cleanest technologies and environmentally friendly.

Keywords: citrus, pests, integrated pest management, good agricultural practices

Introducción

Los daños producidos por las especies de insectos plagas que se presentan en cítricos, pueden ser limitantes para la producción de este cultivo. Debido a la gran cantidad de insectos dañinos que se presentan en el cultivo, estos pueden atacar todos los órganos de la planta como raíces, troncos, ramas, hojas y frutos, con lo cual causan disminución de la producción y afectan la calidad de la fruta. Generalmente cuando se aplican prácticas de control de plagas, los costos influyen en la viabilidad económica de las explotaciones cítricas comerciales. En las décadas anteriores, el énfasis para el control de plagas y disminución de sus daños se basaba en el uso de insecticidas con amplio rango de acción; actualmente, la necesidad de disminuir los costos de producción, el conocimiento de la amplia biodiversidad presente en el cultivo y la exigencia de los consumidores por frutas con menos residuos de plaguicidas, especialmente en países importadores, han fortalecido los estudios sobre el control biológico y manejo integrado de plagas en cultivos de cítricos.

Colombia es un país rico en biodiversidad y por ello se presenta gran cantidad de especies dañinas, pero también enemigos naturales depredadores, parasitoides y entomopatógenos que las controlan. En este capítulo se resalta la importancia de los enemigos naturales y se presenta además una información básica para la implementación de programas de manejo integrado de plagas en el cultivo de cítricos, dirigida hacia la disminución del uso de plaguicidas, menores costos de producción, menor impacto ambiental y la posibilidad de obtener fruta con tecnologías más limpias y respetuosas del medio ambiente.

Desarrollo del tema

Áfidos o pulgones (Hemiptera: Aphididae)

En cultivos de cítricos, los áfidos o pulgones generalmente se consideran plagas secundarias y esporádicas, con potencial para convertirse en plagas de importancia económica, debido a que sus poblaciones se incrementan rápidamente. Pertenecen al orden Hemiptera, familia Aphididae, son insectos chupadores especialmente de rebrotes u hojas nuevas, pero se pueden alimentar también de las yemas florales y los frutos jóvenes. Altas infestaciones de áfidos producen retrasos en el desarrollo de los árboles porque las hojas se entorchan, se deforman ligeramente y se endurecen. Algunos áfidos son transmisores de enfermedades virales; en cítricos se destaca el *Toxoptera citricida* por ser transmisor del virus de la tristeza^{1,2}.

En Colombia, se presentan casi todas las especies de áfidos que pueden causar daños en cítricos^{1,3,4}. Por su alto grado de dispersión y frecuencia con que se encuentran, los más comunes son *Toxoptera citricida*, *T. aurantii*, *Aphis citricola* y *A. gossypii*. Aunque se pueden encontrar durante cualquier época del año, sus poblaciones se incrementan cuando la presencia de rebrotes aumenta en los árboles y las lluvias disminuyen.

Pulgón negro de los cítricos *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) y Pulgón café de los cítricos *Toxoptera citricida* (Kirkaldy).

Descripción y daños

Estas dos especies son muy parecidas entre sí, se sitúan en el envés de las hojas nuevas, se presentan con frecuencia afectando los terminales de las plantas y producen entorchamiento en los rebrotes, lo cual disminuye el desarrollo y crecimiento de los árboles (**figura 1**). Se consideran plagas ocasionales, puesto que sus poblaciones se establecen en los huertos de cítricos únicamente cuando los árboles presentan producción de brotes nuevos.

Además de los cítricos, estos pulgones se reproducen y alimentan en gran cantidad de plantas de climas medios y cálidos, entre las cuales se pueden mencionar cafeto, cacao, guayabo, caimo, mango y varias especies de malezas, hortalizas y ornamentales²⁻⁴.

Las ninfas de las dos especies pasan por cuatro instares de desarrollo. Recién nacidas son de coloración rojiza a marrón verdosa clara, con patas y antenas transparentes que se oscurecen después de corto tiempo. Los siguientes estados ninfales se caracterizan por tener un color marrón o castaño oscuro,

con sus cornículos y cauda oscuros casi negros. Las ninfas y hembras adultas pueden tener alas o carecer de ellas. Las ápteras, sin alas, son áfidos robustos y llegan a medir hasta 2,3 mm de longitud; su coloración varía del marrón oscuro al negro brillante.



Figura 1. Colonia de áfidos *T. citricida* en botones florales y rebrotes de cítricos. Las hormigas *Camponotus* sp. se alimentan de las secreciones azucaradas y ahuyentan los enemigos naturales de los áfidos.

Fotografía: G. León.

El cuerpo de los adultos alados de *T. citricida* mide aproximadamente 2 mm, es negro brillante y en algunos ejemplares castaño oscuro. El cuerpo de *T. aurantii* es negro, a veces marrón oscuro, alcanza igual tamaño que el de *T. citricida*, pero sus antenas poseen el tercer segmento oscuro con su extremo apical claro¹. Entre estas dos especies, se considera de mayor importancia el *T. citricida*, por ser más frecuente, alcanzar altos niveles de infestación y

transmitir varios virus entre ellos el virus de la tristeza de los cítricos (CTV), enfermedad limitante para el desarrollo citrícola de cualquier país.

Pulgón verde de los cítricos *Aphis citricola* van der Goot y Pulgón del algodón *Aphis gossypii* Glover

Descripción y daños

Estos pulgones se encuentran frecuentemente en todas las regiones cálidas o templadas de Colombia, en plantas silvestres, cultivadas, ornamentales, hortícolas y varios frutales. En cítricos se consideran plagas secundarias porque generalmente no producen daños de importancia. Pueden afectar naranjos, mandarinos, limas, limoneros y tangelos, al alimentarse de los botones florales y los rebrotes. Forman colonias preferiblemente en el envés de las hojas nuevas y en las ramas tiernas de los rebrotes^{1,2}. Se ubican en el envés de las hojas y las ramas tiernas produciendo deformaciones y encrespamiento (**figura 2**). Las altas infestaciones favorecen la formación de fumagina sobre las hojas. Cuando afectan los botones florales causan la caída de ellos y de los frutos recién formados.



Figura 2. Colonia del pulgón *Aphis gossypii*, establecida en un brote nuevo de cítricos. Fotografía: G. León.

Las ninfas recién nacidas del Pulgón verde de los cítricos *A. citricola* son color verde claro con antenas cortas y ojos oscuros. Pasa por cinco instares; Las ninfas aladas tienen la cabeza, la cauda y los cornículos oscuros; las hembras adultas llegan a medir un poco más de 2 mm color verde amarillento a verde claro con antenas que miden la mitad de la longitud de su cuerpo, cornículos y cauda oscurecidos. Las hembras aladas miden cerca de 2 mm, poseen alas transparentes y membranosas con una longitud 1,5 veces mayor que la de su cuerpo y su color varía del verde amarillento al verde claro, con cabeza, antenas, tórax y cóxas, cauda y cornículos oscuros¹.

El pulgón del algodón *A. gossypi*, es muy parecido al *A. citricola* y se pueden confundir. El *A. gossypi* mide 1,8 mm, color verde amarillento a verde oscuro. Las ninfas poseen antenas de color blanco amarillento con sus dos primeros segmentos ennegrecidos; patas de color amarillo con tibias oscuras en sus ápices y tarsos negros. Cornículos negros y cauda verde oscura a negra. Las hembras aladas poseen antenas negras con segmentos intermedios más claros. Alas con el estigma amarillento a pardo. Cabeza y tórax negro, abdomen verde con manchas laterales, cornículos verdes oscurecidos casi negros y cauda verde o amarilla oscura; patas amarillentas con tarsos y extremos de las tibias oscurecidas¹.

Control natural y recomendaciones de manejo para áfidos o pulgones

Las poblaciones de áfidos son reguladas por gran cantidad de insectos benéficos parasitoides y depredadores que contribuyen a disminuir los niveles poblacionales y ejercen un eficiente control natural. Los áfidos se pueden encontrar también afectados por hongos entomopatógenos como *Entomophthora* sp. el cual infecta adultos y ninfas de la plaga^{3,5}.

Entre los parasitoides más frecuentes de los pulgones de los cítricos, está *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) (**figura 3**), una pequeña avispa negra que puede llegar a parasitar grandes cantidades de individuos dentro de cada colonia y alcanza porcentajes de parasitismo superiores al 70% en condiciones naturales^{3,5,6}.

Existen numerosas especies de moscas y mosquitos del orden Diptera depredadores de áfidos, entre las cuales sobresalen el *Aphidoletes* sp., varias especies de la familia Syrphidae como *Syrphus* sp., *Baccha* sp. y otras especies que en estado larval se alimentan de áfidos. También se destacan por su importancia numerosas especies de cucarroncitos o mariquitas de la familia Coccinellidae como *Cicloneda sanguinea*, *Scymnus* sp., *Hyperaspis* sp., *Cryptognatha* sp., *Pentilia castanea* y *Cryptolaemus* sp.^{3,5}.



Figura 3. Izquierda: Una avispa parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* coloca sus huevos dentro de una ninfa del áfido *Toxoptera citricida*. Derecha: Áfidos parasitados por *L. testaceipes*. Toman un aspecto globoso, momificado y coloración marrón claro u oscuro brillante. Se observan los orificios de salida del parasitoide. Fotografías: G. León.

Otros depredadores muy importantes de los pulgones son *Chrysoperla carnea* y *C. septempunctata* (Neuroptera: Chrysopidae) denominadas comúnmente crisopas (**figura 4**), las cuales se alimentan frecuentemente de las colonias de la plaga⁵. Asimismo se deben mencionar otros depredadores como son arañas, ácaros y pequeños chinches de la familia Miridae y Anthocoridae que contribuyen a regular las poblaciones de los pulgones en los huertos de cítricos.

El manejo de los áfidos en plantaciones de cítricos se basa en monitoreos y revisiones periódicas de los huertos para determinar la presencia, el establecimiento y el nivel poblacional de la plaga. Durante las épocas de producción de brotes nuevos, las revisiones se deben intensificar. Los áfidos pueden establecerse en forma generalizada o focalizada dentro de los huertos. Para cualquiera de las dos situaciones es necesario demarcar y hacer visibles los sitios donde la plaga está efectuando el daño, labor que puede ser realizada colocando tiras plásticas de color en las ramas de los árboles afectados.

No se recomienda realizar aplicaciones de insecticidas en forma generalizada dentro de los huertos. El control químico se debe aplicar de forma localizada, es decir dirigido hacia los sitios donde se encuentra la plaga⁶. Los insecticidas de acción sistémica y los específicos para el control de áfidos pueden ser utilizados ocasionalmente y son recomendables si se utilizan en forma racional; entre los insecticidas selectivos se pueden mencionar: abamectinas, pirimicarb y algunos sistémicos como dimetoato, tiometon y fosfamidon.

Cualquiera de ellos en todos los casos debe ser aplicado en forma dirigida hacia las ramas, sitios y focos en donde se encuentran los áfidos. Las aplicaciones de aceites agrícolas, jabones y extractos de plantas, son una buena alternativa de manejo y deben ser aplicados en forma dirigida, buscando la mejor cobertura y el contacto de los productos con la plaga.



Figura 4. Colonia de áfidos *T. citricida* afectando terminales de cítricos. La flecha indica una larva de Crisopa, la cual es un depredador eficiente de áfidos y varias plagas en cítricos. Fotografía: G. León.

El control de hormigas, es una práctica complementaria que ayuda a regular las poblaciones de pulgones porque evitan la acción protectora que las hormigas ejercen sobre sus colonias, mientras se alimentan de las secreciones azucaradas que estos producen.

Moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae)

Las moscas blancas son pequeños insectos que a pesar de su nombre no son realmente moscas. Son insectos chupadores del orden Hemiptera que pasan por los estados de huevo, ninfa y adulto. Las ninfas y los adultos causan los daños a las plantas al extraer la sabia de las hojas. Las especies más comunes que afectan los cítricos pertenecen a la familia Aleyrodidae y se encuentran distribuidas en todas las regiones agrícolas del país. Dentro de esta familia se pueden destacar *Aleurothrixus*

floccosus, *Paraleyrodes citri*, *Parabemisia* sp., *Aleurocanthus woglumi*, *Aleuromudus* sp. y *Dialeurodes* spp., por ser las más frecuentes en cultivos de cítricos^{4,7}.

Se pueden considerar plagas potenciales y de importancia económica secundaria, puesto que se presentan esporádicamente causando leves daños a las plantaciones. Sin embargo cuando alcanzan altos niveles poblacionales, ocasionan daños de importancia en los cítricos. Pueden atacar todas las variedades, sin mostrar preferencia por especies o variedades cultivadas de cítricos. El principal daño que causan las moscas blancas es la extracción de savia de las hojas, lo cual debilita la brotación y disminuye la producción^{7,8}.

Las ninfas y adultos de las moscas blancas producen sustancias azucaradas cuando se alimentan de las plantas; estos melados afectan la fotosíntesis de las plantas y disminuyen la calidad de los frutos al favorecer el crecimiento de fumagina sobre las ramas, hojas y frutos.

Mosca blanca algodonosa de los cítricos *Aleurothrixus floccosus* (Maskell)

Descripción y Daños

El cuerpo de los adultos de *Aleurothrixus floccosus* es de color amarillo con 1,5 mm de longitud, con dos pares de alas de 2 mm recubiertas con un polvillo color blanco. Poseen patas y antenas visibles y aparato bucal picador chupador con el cual extraen la savia de las plantas. Viven cerca de 18 a 20 días⁸.

El patrón de postura de los huevos puede ser útil para la identificación de las especies de mosca blanca en el campo. *Aleurothrixus floccosus* coloca sus huevos dispuestos en forma de círculo preferiblemente en el envés de las hojas, son ovalados, castaños a amarillos y los recubre ligeramente con un polvillo blanco ceroso (**figura 5**).

Las ninfas son color verde claro traslúcidas y a medida que se desarrollan se tornan castaño oscuro; su forma es elíptica y en sus últimos estados ninfales produce filamentos de cera blanca que forman una maraña que recubre y protege totalmente el cuerpo; poseen aparato bucal chupador apropiado para extraer savia de las plantas y un orificio anal por el cual eliminan excrementos líquidos con abundante melado que atrae las hormigas; estas a su vez, interfieren con el control natural al alejar a las avispas parásitas y algunos pequeños insectos depredadores.

Las secreciones de mielecilla colectan polvo y ayudan al crecimiento del hongo carbonoso *Capnodium* sp., el cual favorece la formación de fumagina que reduce la fotosíntesis y contribuye a causar defoliaciones severas.



Figura 5. Colonia de ninfas de la mosca blanca lanuda *Aleurothrixus floccosus* en el envés de la hojas. Logran recubrir las hojas totalmente.

Fotografía: G. León.

Otras especies de moscas blancas

Descripción y daños

Hay varias especies de moscas blancas que afectan los cítricos como la mosca negra de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* Ashby, *Aleuronudus* sp., la mosca blanca de los cítricos *Dialeurodes citri* Ashmead y la mosca blanca *Paraleyrodes citri* Bondar.

Los adultos de estas moscas se localizan en el envés de las hojas y frecuentemente se asocian con otras especies de insectos como escamas, cochinillas u otras moscas blancas. Colocan sus posturas en el envés de las hojas y protegen sus huevos con cera. Las ninfas son ovaladas y aplanadas; recién nacidas son móviles de color blanco amarillento y posteriormente se fijan a los tejidos de la planta, empiezan a extraer la sabia de las plantas y producen cera para recubrirse. La secreción de sustancias azucaradas estas moscas, no es tan copiosa como la producida por *A. floccosus* y por lo tanto el desarrollo de fumagina es mayor cuando se presenta esta última.

Control natural y recomendaciones de manejo para moscas blancas

Existe gran cantidad de enemigos naturales de las moscas blancas, que regulan los niveles de población y disminuyen el daño causado por ellas en los cultivos de cítricos. El hongo entomopatógeno *Aschersonia aleyrodis* Webber infecta con frecuencia ninfas de mosca blanca y crece dentro y encima del cuerpo del insecto. Las ninfas afectadas por el hongo toman una coloración naranjada y posteriormente se momifican. Cuando el hongo ataca es capaz de causar epizootias, es decir que puede infectar totalmente las poblaciones de la plaga.

Entre los parasitoides, se han encontrado varias especies de diminutas avispietas que realizan un importante control natural de moscas blancas, e inclusive son utilizadas en programas de control biológico. Entre ellas se pueden mencionar *Encarsia aleurothrix* Evans & Polaszek, *E. citrella* (Howard), *E. luteola* Howard y *E. basicincta* Gahan (Aphelinidae); *Aleuroctonus vittatus* (Dozier) (Eulophidae) y *Amitus spiniferus* (Bréthes) (Platygastridae). También se encuentran frecuentemente hiperparasitoides de la familia Signiphoridae, entre ellas *Signiphora aleyrodis* Ashmead, *S. xanthographa* Blanchard y *Signiphora* sp. (grupo flavopalliata)⁹.

Según University of California¹⁰, *Erectmocerus* sp., *Amitus* sp. y varias especies de *Encarsia* sp., son los enemigos naturales que más frecuentemente parasitan ninfas de mosca blanca y son muy importantes porque han sido utilizados con buenos resultados en programas de control biológico de estas plagas en cultivos e cítricos en varios países del mundo.

Existe gran cantidad de insectos depredadores de moscas blancas. Los más frecuentes son varias especies de cucarroncitos o mariquitas de la familia Coccinellidae como *Cryptolaemus* sp., *Cryptognata* sp., *Nephaspis* sp., *Olla plagiata* Casey, *Pentilia castanea* Mulsant, *Scymnus* sp., y *Zagreus* sp. entre otros, que en estado larval o adulto consumen ninfas de la plaga (**figura 6**)^{5,6}. Además, existen pequeñas moscas ladronas de la familia Asilidae depredadoras de adultos de la plaga. El control químico tiene los mismos fundamentos explicados para el manejo de insectos chupadores como los áfidos, trips y algunas escamas protegidas.

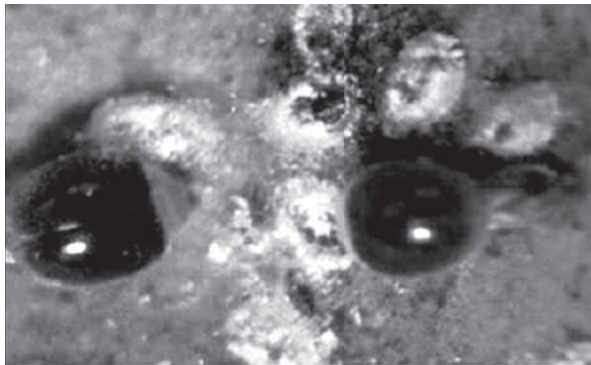


Figura 6. Coccinélidos *Nephaspis* sp. Son pequeños cucarroncitos (2 mm) depredadores importantes de ninfas de mosca blanca.

Fotografía: G. León.

Trips (Thysanoptera: Thripidae)

Los trips (Thysanoptera: Thripidae), son pequeños insectos de tamaño aproximado a 1 mm. Poseen aparato bucal chupador, adaptado para extraer los contenidos de las células vegetales y producen heridas especialmente en los frutos que al cicatrizar se desmejoran su presentación. Generalmente no son plaga de importancia económica, pero ocasionalmente cuando la población es numerosa, pueden deteriorar la calidad de los frutos. Por lo general se encuentran distribuidos en todas las zonas del trópico y subtropico del mundo. Se presentan en gran cantidad de plantas cultivadas, malezas, frutales y ornamentales.

En cítricos se registran varias especies como *Heliothrips* spp., *Scirtothrips citri*, *Selenothrips* spp. y *Frankliniella* spp. De acuerdo a varias publicaciones existen diferentes especies de *Frankliniella* que causan daños en frutos de cítricos¹¹. En Colombia la especie más frecuente es el trips del invernadero *Heliothrips haemorrhoidalis* que causa daños de consideración en naranjas, limas y tangelos; también se presenta ocasionalmente el trips de los cítricos *Scirtothrips citri*.

Trip del invernadero *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) y Trip de los cítricos *Scirtothrips citri* (Moulton)

Descripción y daños

El trip *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) es conocido como trip de los invernaderos y afecta varios cultivos hortícolas como tomate, berenjena, habichuela, fríjol; flores como rosas, orquídeas, lirios, begonias y frutales diversos como guayabo, mango y cítricos entre otros¹². Se encuentra distribuido por todas las regiones productoras de cítricos y afecta naranjas, tangelos y lima acida Tahití, con menor incidencia sobre mandarina arrayana.

El macho de esta especie es desconocido, pues la hembra coloca y fecunda sus huevos por sí misma. La hembra al completar su desarrollo puede medir hasta 1,7 mm de largo por 0,5 mm de ancho. Cada hembra produce en promedio 25 huevos que son colocados individualmente en los lugares más frescos de las plantas, cerca de los rebrotes o botones florales. El ciclo vida de este insecto se cumple entre 30 y 45 días promedio, dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente.

Se alimenta de hojas nuevas, yemas, flores o frutos en formación, aunque también puede afectar frutos en estados de desarrollo avanzados. El *H. haemorrhoidalis* causa un color blanco plateado en los sitios de alimentación, debido

a que las paredes celulares heridas por la plaga se llenan de aire para conservar su forma y tamaño original; las yemas y las flores afectadas no se abren normalmente y ataques sobre las hojas producen acartonamiento inicial, seguido de secamiento y defoliación. El daño principal lo causa cuando afecta directamente los frutos, pues en ellos se forman cicatrices y agrietamientos característicos en las áreas de la cáscara donde se ha alimentado la plaga, lo cual desmejora la apariencia y calidad externa de la fruta.

El trips de los cítricos, *Scirtothrips citri*, está reportado en las principales regiones productoras de cítricos en el mundo. Presenta color amarillo a naranja pálido, con ojos rojos; tiene una longitud aproximada de 18 mm, su cuerpo es alargado y posee dos pares de alas translúcidas provistas de flecos. Las hembras son más grandes que los machos, pueden producir huevos sin aparearse, pero en este caso la progenie será de solo machos. El desarrollo de huevo a adulto requiere de un mes en climas moderados, pero se acorta a un poco más de dos semanas en climas cálidos.

Prefieren alimentarse de tejidos nuevos de la planta como rebrotes y frutos pequeños. Los primeros instares larvales viven debajo de los sépalos de los frutos jóvenes; los rebrotes afectados no se logran desarrollar normalmente. Los frutos afectados adquieren un aspecto corchoso en su base y cicatrices como costras en la epidermis del fruto sobre los sitios de alimentación de la plaga, lo cual desmejora notablemente su calidad.

Control natural y recomendaciones de manejo para Trips

Los principales enemigos naturales son los ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae, entre los cuales se destaca por su frecuencia *Amblyseius* sp. y *Euseius* sp. También existen trips depredadores que contribuyen a disminuir los niveles poblacionales de la plaga y es frecuente el chinche depredador *Orius* sp., de la familia Anthocoridae. La avispa *parasitoide Ceranisus* sp. es uno de los principales controladores naturales de trips^{11, 13}.

Aún cuando causa problemas de desarrollo en el fruto y forma áreas corchosas alrededor del pecíolo y en diferentes partes del fruto, el trips del invernadero *H. haemorrhoidalis* y el trips de los cítricos, *S. citri*, no son causantes de graves pérdidas económicas para los cultivadores de cítricos y debe tenerse en cuenta el tipo de comercialización que se le dará a la fruta antes de tomar decisiones de control.

Si las condiciones de calidad para el mercado de la fruta lo establecen, en caso de ser necesario emplear control químico, se deben utilizar únicamente

productos selectivos como los aceites agrícolas, sales de potasio, extractos de plantas con pegantes y jabones. Aunque la mayoría de las veces no llegan a ser necesarios, se podrían utilizar además en forma racional y localizada productos de rápida degradación, baja toxicidad y poco dañinos para el equilibrio ambiental como cartap, abamectina, imidacloprid, dimetoato o clorpyrifos entre otros.

Picudos de los cítricos

Generalidades, descripción y daños

Los picudos de los cítricos son considerados plagas de importancia económica para el cultivo en varios países productores. La literatura internacional, registra daños de importancia económica causados por estos picudos de la familia Curculionidae especialmente en la región cítrica de Florida U.S.A., en donde se hallan descritas ocho especies de picudos diferentes, de las cuales cinco de ellas (*Pachnaeus litus* (Germar), *P. opalus* Schoenherr, *Asynonychus godmani* Crotch, *Artipus floridanus* Horn y *Diaprepes abbreviatus* Linnaeus) son considerados plagas primarias, debido a los daños causados por las larvas en las raíces de los árboles¹⁴. El picudo *D. abbreviatus*, es considerado el más dañino de todos especialmente en el estado de La Florida, en donde se considera una plaga de gran importancia para los cultivos de cítricos¹⁵. Cabe destacar que ninguna de estas especies ha sido reportada en Colombia.

En nuestro país se conocen varias especies de picudos asociados a este cultivo registradas desde el año 1939, pero no se había manifestado su importancia como plaga hasta el año 1995, cuando se detectaron altas infestaciones en los Departamentos de Quindío, Caldas, Valle, Tolima, Antioquia y Risaralda que causaron daños de consideración en algunas plantaciones de la zona central cafetera. El agente causal determinado en estas regiones inicialmente se registró como *Paracompsus* sp., luego como *Compsus viridilineatus* Jeckel y finalmente fue identificado como *Compsus* sp^{16, 17}.

Recientemente, O'Brien y Peña (2012), redescubrieron dos especies de picudos del género *Compsus* Schoenherr (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) colectadas en cultivos de cítricos de Colombia. De acuerdo a dichas descripciones taxonómicas, los picudos *Compsus* que se presentan con mayor frecuencia en los cultivos de cítricos de nuestro país, corresponden a las especies *C. obliquatus* Hustache y *C. viridivittatus* (Guérin-Ménéville)¹⁸.

En Colombia, hay varias especies de picudos de los cítricos, también denominados vaquitas, que pueden causar daños al follaje y a las raíces de los árboles de cítricos. Entre las variadas especies de picudos que se asocian a los

cítricos, *Compsus* spp., son las más frecuentes e importantes, pero hay otras especies como *Eustylus bodkini* Marshall y *Macrostylus* sp., que se pueden considerar como plagas potenciales porque aparecen cíclicamente y se establecen en los huertos de cítricos (**figura 7**). Todas estas especies pertenecientes al orden Coleoptera, familia Curculionidae.

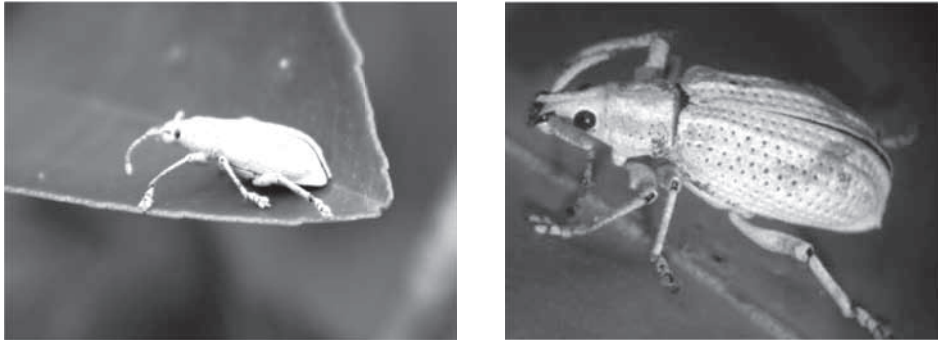


Figura 7. Picudos de los cítricos. Izquierda: *Compsus viridivittatus* (Guérin-Méneville). Derecha: *Eustylus bodkini* Marshall. Longitud aproximada 1 cm. Fotografías: G. León.

La mayoría de los picudos que se asocian a los cítricos, tienen hábitos y ciclos de vida similares y casi todas estas especies son univoltinas o sea que tienen una generación por año. La duración de los huevos es de 10 a 20 días en promedio y las larvas pueden vivir durante 7 a 18 meses. Cuando nacen las larvas, inmediatamente se dirigen o se dejan caer hacia el suelo para alimentarse de las raíces de los árboles y causar su daño al consumir el tejido externo de la corteza. Las larvas rodean la raíz y pueden causar la muerte de los árboles jóvenes¹⁹. Adicionalmente a este daño directo, la alimentación de las larvas de los picudos favorece la entrada de enfermedades y patógenos del suelo, particularmente *Phytophthora* spp. que causa gomosis y pudriciones de la raíz.

Los adultos emergen del suelo, buscan sus plantas hospederas, viven en ellas durante varios meses. Estudios de CENICAFE¹⁹ corroboran que estos picudos son polívoros porque tienen gran cantidad de hospederas entre las cuales se mencionan algodón, sorgo, café, maní, frijón, plátano, banano, yuca, aguacate, mango, guayaba, veraneras, guásimo, matarratón, palmas y varias malezas además de los cítricos. En cultivos de cítricos prefieren las partes som-

breadas de los árboles y se alimentan de las hojas jóvenes; en horas soleadas buscan los rebrotes frescos, se alimentan de ellos, copulan y colocan sus huevos entre las hojas jóvenes pegándolas entre sí.

El daño causado por los picudos en estado adulto, se reconoce por la presencia de pequeños cortes en las márgenes de las hojas. Este tipo de daño nunca llega a ser de importancia económica para la producción de cítricos.

En los Llanos Orientales se ha observado que la aparición de los adultos de picudos de la raíz se presenta en diferentes épocas para cada una de las especies presentes en la región. Los adultos de *Compsus* sp., comienzan a aparecer en los lotes de cítricos durante el mes de Septiembre y permanecen por más de seis meses en niveles poblacionales estables. *E. bodrini* y *Macrostylus* sp. inician su aparición con las lluvias de marzo y permanecen en poblaciones altas hasta el mes de julio, cuando empiezan a disminuir sus poblaciones para mantenerse en bajos niveles hasta finales del año²⁰.

Recomendaciones de manejo para picudos de los cítricos

La prevención y erradicación es la mejor arma para evitar ataques de picudos en lotes que van a ser sembrados con cítricos. Para ello se requiere de una inspección cuidadosa del suelo para determinar si hay presentes o no larvas o adultos de picudos. Un buen mantenimiento del huerto es esencial para el manejo en caso de estar presentes los picudos. Un buen drenaje, adecuada fertilización e irrigación, favorecen el crecimiento de las raíces y disminuyen el riesgo de enfermedades y muerte de los árboles.

La mejor manera para determinar la presencia de picudos en el campo, es examinar los terminales en busca de los cortes típicos en las márgenes de las hojas, causado por la alimentación de los adultos. Debido al hábito nocturno de los adultos, las mejores horas para localizarlos son bien de mañana o avanzada la tarde, cuando se localizan en las partes exteriores del follaje de los árboles.

Para facilitar su detección y para el monitoreo de adultos, se agitan las ramas y los picudos caen fácilmente al suelo; para poder establecer el nivel de población, se colocan cartones o telas debajo de los árboles y allí caerán los picudos, que en esta forma podrán ser contabilizados con mayor facilidad.

No existe información precisa acerca de los niveles de daño económico para este tipo de plagas, por ello para tomar decisiones de control de picudos se deben tener en cuenta varios factores como la edad de los

árboles, puesto que los árboles jóvenes tienen un sistema de raíces menos desarrollado y son más susceptibles al daño. La resistencia de los patrones al daño de *Phytophthora* spp. es otro factor que debe ser considerado y aquí el drenaje del huerto juega un papel fundamental. Los suelos pesados con pobre drenaje aumentan la susceptibilidad a la enfermedad de los patrones moderadamente resistentes como Mandarina Cleopatra y Citrange Carrizo.

El control de adultos mediante el uso de insecticidas no es recomendable puesto que el daño causado no es económicamente representativo y más bien se pueden afectar organismos benéficos con este tipo de aplicaciones, comprometiendo el control natural de otros insectos dañinos. Una alternativa factible para el control de adultos que busca reducir principalmente el número de hembras dentro de la plantación para evitar que coloquen huevos y en esta forma disminuir la futura infestación, es el uso de hongos entomopatógenos como el *Beauveria bassiana* y el *Metarhizium anisopliae* (**figura 8**). Esta práctica se debe realizar 2 a 3 semanas después de la aparición de los adultos en el campo y luego de un control de malezas especialmente en las zonas de plateo, que obligue a los picudos a refugiarse en el follaje de los árboles.



Figura 8. Picudo de los cítricos: *E. bodrini* afectado por el entomopatógeno *Beauveria bassiana*.

Fotografía: G. León.

Existen enemigos naturales de *Compsus* sp. que están siendo estudiados para su uso como control biológico de la plaga con excelentes resultados, como el caso de *Gonalezia gloriosa*, (Hymenoptera: Encirtidae) una microavispa que parasita huevos del picudo *Compsus* sp. hasta en 80%²¹. Otro ejemplo es *Trigonospila* sp. (Diptera: Tachinidae), una mosquita que ha sido encontrada parasitando adultos de estos picudos en el Departamento de Caldas, con una eficiencia hasta de 75% de control²². Por los resultados de estos trabajos, los autores concluyen que dichos agentes de control biológico deben ser incluidos en los programas de manejo integrado de la plaga.

Comedores de follaje

En cítricos se presentan ocasionalmente varios comedores de follaje del orden Lepidoptera, como los gusanos perrito: *Papilio anchisiades* Esper, *P. thoas* Linnaeus (Lepidoptera: Papilionidae); los tortrícidos: *Platynota* spp. (Lepidoptera: Tortricidae); el gusano amarillo: *Halisidota* sp. (Lepidoptera: Arctiidae) y el gusano platanillo: *Panoquina* spp. (Lepidoptera: Hesperidae), pero sus daños únicamente llegan a ser de importancia económica en plantaciones jóvenes y en viveros con manejo agronómico inadecuado (**Figura 9**). También se pueden presentar cucarroncitos del follaje: *Epitrix* sp., *Cerotoma* sp. y *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) los cuales ocasionalmente se alimentan de las hojas de los cítricos.



Figura 9. Izquierda: Mariposas adultas del gusano perrito de los naranjos. Superior: *Papilio anchisiades*, inferior: *Papilio thoas*. Derecha: Larvas del gusano perrito *P. anchisiades*. Se alimentan de las hojas de los cítricos y viven en forma gregaria.

Fotografías: G. León.

En plantaciones comerciales de cítricos mayores de cuatro años, este tipo de plagas no representan peligro para la producción, puesto que son ocasionales, con un consumo bajo de follaje que generalmente no afecta los rendimientos ni la calidad de la fruta.

En cítricos se pueden destacar dos especies de gusano perrito de los naranjos *P. anchisiades* y *P. thoas*. Los adultos de *P. anchisiades* son mariposas con aproximadamente 9 cm de longitud de expansión alar, color café oscuro con tres manchas rosadas en sus alas. Los adultos de *P. thoas* son mariposas de 10 cm de expansión alar, color negro con manchas amarillas; sus alas posteriores presentan hermosas colas. Las larvas son de hábitos gregarios, se localizan durante el día agrupadas en la base de los troncos de los árboles y durante la noche se desplazan en fila india hacia la parte superior de los árboles para alimentarse de las hojas.

Otros gusanos comunes en las plantaciones de cítricos son los de la familia Tortricidae, que como el *Platynota* spp., causan raspaduras, producen esqueletización de las hojas y pegan el follaje entre sí con sus secreciones y excrementos; otros como el gusano peludo amarillo *Halisidota* sp. causan daños de menor importancia a los rebrotes, aunque prefieren los botones florales, las flores y los frutos recién formados de los cítricos.

Varias especies de gusanos platanillo como los Panoquina spp. y algunos gusanos cabezones como *Brasolis* sp., se presentan haciendo daños de importancia secundaria al ocasionar cortes típicos de media luna y habitar en los bordes de las hojas jóvenes. Los gusanos canasta como *Oiketicus kirbyi* (Guild.), los gusanos cachones como *Erinnyis ello* (L.) y algunos gusanos tabaquitos son esporádicos en cítricos y solo en caso de presentarse incrementos poblacionales incontrolados podrían causar daños económicos.

Entre los cucarrones comedores de follaje, los crisomélidos se presentan con alguna frecuencia sin llegar a ser plagas de importancia económica. En este grupo se podrían mencionar las pulgillas *Epitrix* sp. y los cucarroncitos del follaje *Cerotoma* sp. y *Diabrotica* spp. entre otros, como los más frecuentes en citricultura.

Control natural y recomendaciones de manejo para comedores de follaje

El control natural de los gusanos comedores de follaje en cítricos es muy amplio y en condiciones naturales evita que estas plagas logren causar pérdidas de importancia para la producción. Los principales enemigos naturales de los comedores de follaje son los pájaros, las arañas y los insectos depredadores.

Entre los insectos depredadores más eficientes se encuentran las avispas *Polistes* y *Polibia*. Estas avispas son capaces de consumir gran cantidad de larvas diariamente. Otros consumidores importantes de larvas comedoras de follaje están representados por varias especies de chinches depredadores del orden Hemiptera (*Reduviidae*, *Pentatomidae*), Neuroptera (*Mantispidae*) y cucarrones de las familias *Carabidae*, *Cicindelidae* e *Histeridae*. Las arañas que viven en los árboles de cítricos se alimentan con larvas del minador y con larvas comedoras de follaje, contribuyendo de esta forma con el control natural de estas plagas²³.

Los insectos parasitoides juegan un papel importante en la regulación de las poblaciones de larvas comedoras de follaje al parasitar huevos y larvas de estas plagas. Entre los parasitoides de huevos el *Trichogramma* spp., (Hymenoptera: *Trichogrammatidae*) y varias especies de *Telenomus* spp., (Hymenoptera: *Scelionidae*) en condiciones naturales son los más frecuentes y alcanzan altos niveles de parasitismo sobre estas posturas. Existen también varias especies parasitoides que afectan las larvas de los comedores de follaje entre las cuales se destacan *Apanteles* sp. (*Braconidae*), *Copidosoma* sp. (*Encyrtidae*) y varias especies de moscas de las familias *Tachinidae* y *Sarcophagidae*.

Entre las enfermedades que atacan las larvas de lepidópteros, están los virus de la granulosis y la poliedrosis nuclear, las bacterias *Serratia* spp. y *Bacillus thuringiensis* que afectan gran cantidad de estas larvas comedoras de follaje, especialmente cuando sus hábitos son gregarios como en el caso de los gusanos perrito. Los hongos entomopatógenos como *Metharizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Paecilomyces* sp. y *Beauveria bassiana* son otro factor de mortalidad que se presenta en el campo y afecta gran parte de las poblaciones de estas plagas.

Bajo las condiciones naturales en que se desarrolla la citricultura del país y teniendo en cuenta la amplia gama de factores de mortalidad por enemigos naturales de estas plagas, no es necesario realizar prácticas de control químico para ningún comedor de follaje. Sin embargo, se pueden presentar casos aislados y fuera de lo normal, por lo cual se recomienda monitorear permanentemente los cultivos para detectar oportunamente cualquier infestación.

En caso de presentarse infestaciones de estas plagas en los cultivos, es conveniente utilizar insecticidas selectivos para el control de comedores de follaje, como son los insecticidas inhibidores de la síntesis de quitina, los simuladores de la formación de ecdisona, las abamectinas y los insecticidas biológicos como el *Bacillus thuringiensis*. Estos productos ofrecen alta eficacia de control y por su alto grado de selectividad no afectan significativamente la fauna benéfica.

Minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae)

Generalidades, descripción y daños

El minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* ha sido considerado como una de las plagas de mayor importancia para los cítricos en el mundo²⁴. En Colombia su presencia fue registrada durante el mes de marzo de 1995 en la zona central cafetera y actualmente se encuentra diseminada en todas las áreas citrícolas del país²⁵. En el Meta el insecto fue reportado en 1995 afectando cultivos de mandarina Cleopatra, tangelo Minneola, lima Tahití y naranja Valencia²⁶.

El adulto de *P. citrella* es una pequeña mariposa, de 3 mm de longitud, color crema con alas plateadas iridiscentes, bandas grisáceas y un punto oscuro en el extremo posterior (**figura 10**). Sus alas anteriores son plumosas y recubren todo el cuerpo. Son activas durante el atardecer y prefieren las hojas nuevas para colocar sus huevos. Una hembra puede colocar hasta 70 huevos de 2 mm de diámetro que se confunden con pequeñas gotas de rocío²⁷.



Figura 10. Adulto del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella*.
Fotografía: G. León.

Las larvas de *P. citrella* pasan por cuatro estados de desarrollo y causan el daño al introducirse entre la epidermis de las hojas y ramas jóvenes para alimentarse del tejido parenquimático, hasta formar minas o galerías que posteriormente producen entorchamientos y resecaimientos prematuros en el follaje atacado (**figura 11**).



Figura 11. Izquierda: Hojas con larvas y daño de minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella*. Derecha: Hojas terminales o rebrotes de cítricos con daño típico causado por el minador *P. citrella*.

Fotografías: G. León

Aunque el minador de los cítricos puede encontrarse en plantas ornamentales, en algunas malezas y también en bejuco y leguminosas que se encuentren entrelazados con el follaje de los cítricos, prefiere como plantas hospederas todas las variedades de cítricos y afecta pomelos, toronjas, naranjos, mandarinos, tangelos, limas y limones²⁵.

Control natural y recomendaciones de manejo para el minador de los cítricos

Los enemigos naturales del minador de los cítricos principalmente parasitoides de larvas y pupas, han sido reconocidos en los países productores porque controlan buen porcentaje de la población²⁸. En la región citrícola de Florida causan mortalidad del 50% de la población del minador²⁹. En España se citan once especies de parasitoides y registran 17% de parasitismo por *Galeopsomyia fausta* LaSalle, parasitoide importado de Nicaragua y Colombia^{27, 30}.

En Colombia, existen varias especies diferentes de parasitoides de larvas y pupas del minador pertenecientes al orden Hymenoptera, familia Eulophidae. Entre ellas, *Galeopsomyia fausta* (**figuras 12 y 13**), *Closterocerus* sp., *Elasmus tischeriae* Howard, *Horismenus* sp., *Zagrammosoma* sp., tres especies de *Cirrospilus* y *Allobracon* sp., y una avispa Braconidae, subfamilia Horminae. Estos parasitoides se presentan en las plantaciones de cítricos y contribuyen con el control de la plaga, al regular las poblaciones del minador, lo cual disminuye la importancia y los daños causados por esta plaga a los cítricos en el país^{25, 26}.

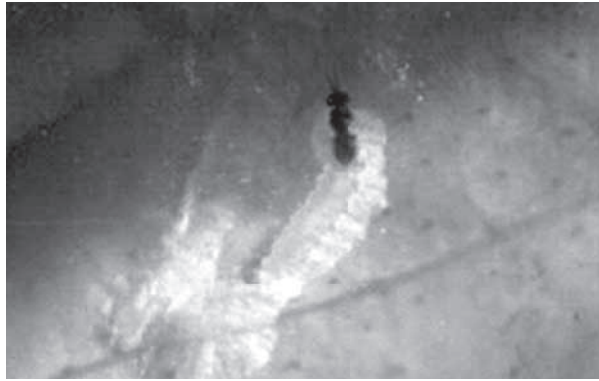


Figura 12. Avispita benéfica *Galeopsomyia fausta* parasitando una larva del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella*.
Fotografía: G. León.

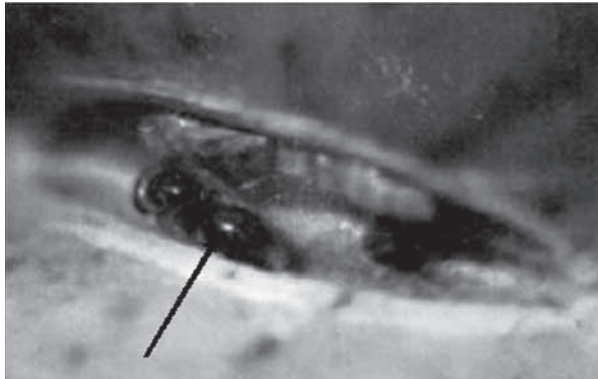


Figura 13. Minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* parasitado por *Galeopsomyia fausta*. La flecha señala el parasitoide en estado de pupa porque ya ha salido de la larva del minador.
Fotografía: G. León.

Además de los parasitoides del minador, en las plantaciones de cítricos, frecuentemente se presentan muchos enemigos naturales que controlan sus poblaciones. Se pueden mencionar varias especies de depredadores de larvas del minador, como las arañas de las familias Lycosidae, Salticidae u Oxiopidae; hormigas depredadoras de los géneros Crematogaster y Ectatomma; crisopas, y varias avispas de los géneros Polistes y Polibia (**figura 14**). Expertos de varios países²⁶⁻³⁰, coinciden en que el minador debe ser considerado plaga de importancia económica solamente en viveros, plantaciones menores de

4 años y árboles reinjertados, puesto que pérdidas del 30% del follaje de las nuevas brotaciones, no afectan la floración ni la producción en árboles adultos. Se debe determinar la infestación de minador por medio de monitoreos periódicos y el control químico únicamente se realiza si más del 30% de las hojas nuevas presenta minas activas.



Figura 14. Avispa benéfica depredadora *Polibia* sp., alimentándose de larvas de minador de los cítricos.
Fotografía: G. León

Teniendo en cuenta la amplia gama de factores de mortalidad causada por enemigos naturales de esta plaga, no es necesario realizar control químico para el minador de los cítricos en plantaciones de más de dos años; sin embargo, se pueden presentar casos aislados. Para estos casos y cuando se presentan ataques del minador en plantaciones jóvenes, que se encuentran en establecimiento, se podrían aplicar insecticidas selectivos como los inhibidores de la síntesis de quitina, los simuladores de la formación de ecdisona, las abamectinas los insecticidas biológicos como el *Bacillus thuringiensis* e inclusive productos selectivos como Imidacloprid que ha proporcionado excelentes resultados de control²⁰.

Hormigas (Hymenoptera: Formicidae)

Generalidades y recomendaciones de manejo

En Colombia existen gran cantidad especies de hormigas que pueden ser dañinas a todos los cultivos establecidos por el hombre. Para los cultivos de

cítricos, las más importantes y frecuentes son las hormigas arrieras *Acromyrmex lundii* Guérin-Ménéville, *Atta laevigata* F. Smith y *A. columbica* Guérin-Ménéville, por su gran capacidad de defoliación.

Las hormigas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* se denominan hormigas arrieras, porque efectúan cortes semicirculares en las hojas hasta defoliar completamente las plantas atacadas. Son de importancia en cítricos, forestales, potreros, caña de azúcar y muchos otros cultivos. En citricultura representan una grave amenaza y ocasionan pérdidas severas especialmente para los huertos o plantaciones en establecimiento, por su gran capacidad de cortar hojas, pueden causar hasta la muerte de los árboles cuando las defoliaciones son severas y sucesivas.

Además de las hormigas arrieras en cultivos de cítricos se observan frecuentemente varias especies de hormigas como *Camponotus* sp., *Ectatomma* sp., *Crematogaster* sp. y *Dolichoderus bidens* Linnaeus entre otras, las cuales aunque no defolian los árboles, causan efectos negativos al alimentarse de las secreciones azucaradas producidas por áfidos, moscas blancas, escamas y otros insectos chupadores, puesto que con su presencia interrumpen, perturban y ahuyentan a los parasitoides o depredadores que realizan el control natural de estos insectos; dicho efecto secundario hace que las poblaciones de plagas ocasionales o de escasa importancia económica, se incrementen por insuficiencia de enemigos naturales^{20, 23}.

Actualmente existen varios métodos técnicos y prácticos para el control de hormigas en los cultivos de cítricos, entre los cuales se destacan las prácticas culturales y el control químico mediante el uso de insecticidas aplicados directamente dentro de los hormigueros o la utilización de cebos tóxicos.

El control químico a pesar de las restricciones, es un método práctico, la mayoría de las veces eficiente para el control de hormigas. Debe ser utilizado en forma técnica, lo cual implica la aplicación dirigida desde la boca de los hormigueros hacia su interior, buscando que el insecticida penetre hasta todas las cámaras del hormiguero. Las dimensiones de los hormigueros de algunas hormigas arrieras del género *Atta*, pueden alcanzar tamaños descomunales; por ejemplo, los nidos de *Atta laevigata* alcanzan profundidades de 7 m y tienen alrededor de 8000 cámaras en su interior, por lo cual es muy difícil que los insecticidas penetren en la totalidad de las cámaras y los productos insuflados se dispersen por todo el hormiguero, haciéndose necesaria la utilización de métodos complementarios para lograr un control más eficaz.

Los cebos tóxicos son prácticos, eficientes y económicos para el control de hormigas. Pueden ser utilizados en rotación con el control químico y son un excelente complemento de este. Los cebos son formulados en forma de pequeñas pastillas o “pellets” que deben ser colocados cerca de los caminos o los nidos de las hormigas para que ellas los transporten y los distribuyan en el interior de su hormiguero. El sustrato atrayente más empleado en los cebos es la pulpa de naranja deshidratada y los productos utilizados para este tipo de cebos son la sulfluramida (Mirex), el fipronil (Blitz) y el clorpirifos³¹. Estos actúan por ingestión, son inodoros, no repelen a las hormigas y son letales en bajas concentraciones. Una vez el producto se encuentra dentro del hormiguero, contamina las obreras y en las arrieras inhibe el crecimiento del hongo de la colonia, produciendo mortalidad en porcentajes que superan el 90%.

El uso de pegantes y repelentes aplicados en forma de barreras alrededor de los troncos de los árboles para evitar que las hormigas trepen a ellos es una práctica muy eficiente (**figura 15**). Es recomendable hacer revisiones semanales de las bandas aplicadas como barrera en los troncos, para verificar si el pegante o el cebo han perdido su eficacia y en dado caso impregnarlas nuevamente con el producto o repetir el tratamiento. Otro método práctico de control localizado que contribuye al manejo de las hormigas, es el uso de insecticidas diluidos en agua azucarada o miel de purga, aplicados alrededor de los troncos, lo cual actúa como cebo envenenado y repelente para no permitir el acceso de las hormigas hacia las copas de los árboles. Las llamadas “ruanas” de cartón o cartulina impermeabilizada colocadas alrededor de los trocos en plantas jóvenes, son también muy eficaces para el control de estas hormigas.

Termitas o Comejénes (Blattodea)

Generalidades y recomendaciones de manejo

Las termitas o comejenes, son insectos de 0,5 a 1,0 cm de longitud, cuerpo blando usualmente color blanco, con alas color oscuro más largas que el cuerpo, las cuales se desprenden luego de que los individuos reproductores se han apareado. Son habitantes naturales del suelo y la madera es su alimento preferido; forman colonias en el suelo, las maderas blandas y también en otros materiales en descomposición. Tienen organización social con castas de diferenciación entre trabajadores, reproductores, soldados y reinas.

Las especies dañinas más frecuentes en cultivos de cítricos, son *Amitermes* sp. de la familia Termitidae, *Heterotermes* sp. y *Reticulitermes* sp. de la familia

Rhinotermitidae los cuales pertenecen al Orden Blattodea. Por su naturaleza, estas especies se alimentan de madera y juegan un importante papel en el ciclo de la descomposición de esta, por el aporte de materia orgánica que realizan a los suelos durante el proceso^{6, 20}.



Figura 15. Aplicación de barreras en los troncos para impedir el acceso de las hormigas a la parte superior de los árboles. Se pueden utilizar bandas de plástico impregnadas con pegante para atrapar insectos, o bandas de melaza con insecticida.

Fotografía: G. León.

Generalmente los daños de termitas se presentan en plantaciones menores a dos años. Usualmente atacan debajo y alrededor del tronco, en las raíces secundarias consumiendo la corteza. Las termitas atacan en cualquier época del año, pero sus efectos se intensifican en épocas secas cuando los niveles de humedad del suelo descienden. A consecuencia del daño, el árbol sufre un

rápido declino inicialmente, manifestado por la pérdida del color en las hojas de las ramas afectadas o en la totalidad del follaje; posteriormente ocurre una defoliación severa hasta que el árbol muere. El daño causado por el comején a los cítricos tiene además efectos secundarios, puesto que favorece la entrada de patógenos del suelo, especialmente el hongo *Phytophthora* spp. que causa comúnmente podredumbres de la raíz y la gomosis de los cítricos.

El control de comején debe ser preferiblemente preventivo y una estrategia consiste en remover todos los residuos de madera o de otros árboles dentro del lote de siembra antes del establecimiento del cultivo o si existen estos materiales en una plantación ya sembrada, deben ser retirados. Se deben efectuar revisiones periódicamente para asegurar si los árboles que presentan síntomas del daño tienen la presencia de la plaga en las raíces o el tronco. Un método de monitoreo eficiente, es ubicar trampas atrayentes o “cebos”, que pueden ser troncos o estacas de madera blanda cerca de los árboles o en los lotes infestados. Estas trampas deberán ser revisadas cada quince días en busca de termitas o comején. En caso de registrarse la presencia de la plaga en las trampas se requiere efectuar control.

Una vez detectada la plaga en los troncos o raíces de los árboles, se debe efectuar control químico dirigido. Son recomendables insecticidas como el clorpirifos, hexaflumuron o Fipronil³¹, los cuales aplicados en la base de los árboles y en la zona de plateo pueden dar protección por dos a tres meses contra la plaga; su aplicación puede ser repetida si los monitoreos indican nuevamente la presencia de la plaga.

Conclusiones y Recomendaciones

La investigación científica en el país en el área de entomología debe de estar orientada al aprovechamiento de la biodiversidad nacional buscando la reducción del impacto en el ecosistema, el ambiente y en la salud humana, bajo un enfoque holístico y de manejo integrado de plagas.

En cada región productora de cítricos se deben definir las plagas de mayor importancia económica para el cultivo, debido a que las dinámicas poblacionales de los insectos dañinos y sus enemigos naturales, son diferentes en cada región, por lo tanto es posible que una especie sea plaga de importancia en una región y en otra no afectar al cultivo.

Se debe realizar estudios sobre métodos de muestreo y patrones de distribución de las plagas en cultivos, para definir niveles económicos de daño y umbrales de acción sobre las plagas de mayor importancia.

Un buen mantenimiento del huerto es necesario para establecer programas de manejo integrado de las plagas (MIP). La mayoría de las veces, un buen programa MIP no recomienda realizar aplicaciones de insecticidas en forma generalizada dentro de los huertos, ya que es posible efectuar control químico de forma localizada, es decir dirigido hacia los sitios donde se encuentra la plaga.

Se recomienda utilizar insecticidas selectivos, de baja toxicidad para que no afecten significativamente la fauna benéfica. Los insecticidas de acción sistémica y los de amplio espectro para el control de plagas, pueden ser utilizados ocasionalmente y son recomendables si se utilizan en forma racional.

En el caso de cultivos para exportación se deben utilizar únicamente los productos autorizados para tratamientos en campo por el país de destino y los límites máximos de residuos (LMRs). Es fundamental la aplicación de BPAs, y el desarrollo por parte del ICA de listas de productos autorizados para aplicación en campo.

Es muy importante el monitoreo de plagas y las revisiones periódicas de los huertos para determinar la presencia, establecimiento y el nivel poblacional de las plagas. Los registros obtenidos se podrían incluir en un sistema de información disponible en páginas web, para proporcionar información diaria y alertas del estado de las plagas más limitantes a los productores.

En Colombia es necesaria la creación de biofábricas o laboratorios de control biológico certificados, que produzcan y suministren con buena calidad entomopatógenos y enemigos naturales de las plagas más limitantes, para ser utilizados en programas MIP por los productores.

Referencias Bibliográficas

1. BUSTILLO, A. y SÁNCHEZ, G. Los áfidos en Colombia, plagas que afectan los cultivos agrícolas de importancia económica. Bogotá: ICA – COLCIENCIAS, 1977. 6 p.
2. LLORENS, C.J. Hemiptera II. Pulgones de los cítricos y su control biológico. Valencia. España: Ediciones Pisa, 1990. 170 p.
3. VELEZ, A. R. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: Bionomía y manejo integrado. Medellín. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, 1997. 482 p.
4. POSADA, L. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Boletín técnico. 1989. No. 43. I.C.A. Bogotá, Colombia. 662 p.

5. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - I.C.A. Lista de predadores, parásitos y patógenos de insectos registrados en Colombia. Boletín técnico. 1976. No. 41. Bogotá Julio de 1976. 90 p.
6. ANDREWS, K. y QUEZADA, J. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. Departamento de protección Vegetal. Escuela agrícola Panamericana. Honduras: El Zamorano, 1989. 623 p.
7. PRATT, R. M. Guía de Florida sobre insectos, enfermedades y trastornos de la nutrición en frutos de cítricos. 6ª Ed. Mexico. D.F.: Editorial Limusa, 1987. 198 p.
8. NASCA, A.; et al. Animales perjudiciales y benéficos a los cítricos en el Noroeste Argentino. Centro de Investigaciones sobre regulaciones de poblaciones de organismos nocivos. Tucumán, Argentina: CIRPON, 1981. 351 p.
9. LEÓN, M. G.; EVANS, G. A. y CAMPOS, J. C. Parasitoides de plagas (Homoptera) de los cítricos en el Departamento del Meta, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología SOCOLEN. 1999. Vol. 25, No 3-4, p. 143 – 146
10. UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Natural Enemies Handbook. The illustrated guide to Biological Pest Control. Statewide Integrated Pest Management Project. Publication 3386. California: University of California - Division of Agriculture and Natural Resources, 1998. 154 p.
11. _____. Integrated Pest Management for Citrus. Statewide Integrated Pest Management project. Publication 3303. California: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 1984. 144 p.
12. QUINTANILLA, R. H. Trips, características morfológicas y biológicas. Especies de mayor importancia agrícola. Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur, 1980. 60 p.
13. FLINT, M.L. y DREISTAD S.H. Natural enemies handbook. The illustrated guide to biological pest control. Statewide integrated past management project. Publication 3386. California: University of California, 1998. 154 p.
14. WOODRUFF, R. E. Citrus weevils in Florida and the West Indies: Preliminary report on systematics, biology and distribution (Coleoptera: Curculionidae). En: Florida Entomologist. 1985. Vol. 68, No. 3. p. 370-379.
15. STUART, R.; et al. Lady beetles as potential predators of the root weevil *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Florida citrus. En: Florida Entomologist. 2002. Vol. 85, No. 3. p. 409-416.
16. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. Manejo del picudo de los Cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. 2002. p. 33: 1-27.

17. CANO, D.; et al. Biología y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus* n. sp. (Coleoptera: Curculionidae). En: Revista Colombiana de Entomología. 2002. Vol. 28, No. 1. p. 43-52
18. O'BRIEN C. W.; PEÑA, J. 2012. Two species of *Compsus* Schoenherr, new citrus pests from Colombia (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Insecta Mundi*: 0227: 1 – 13.
19. CANO, D. Biología, comportamiento y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus* sp. en la zona central cafetera. En: Memorias del seminario nacional sobre el picudo de los cítricos. Asocitricos-Cenicafe-ICA. Pereira. 2000. 17 p.
20. LEÓN, M.G. Insectos de los cítricos. Guía ilustrada de plagas y benéficos con técnicas para el manejo de los insectos dañinos. Ed. Bogotá: Produmedios, 2001. 81 p.
21. ESTRADA, G.; SOTO, A. y PALACINO, J. Efecto de liberaciones de *Gonalezia gloriosa* (Hymenoptera: Encyrtiidae) sobre posturas de *Compsus* sp. en condiciones de campo. En: Resúmenes 38 Congreso SOCOLEN, Manizales, 2011. p. 105
22. SOTO, A. Parasitismo de *Trigonospila* sp. (Diptera: Tachinidae) sobre adultos del picudo de los cítricos *Compsus* sp. en condiciones de campo. En: Resúmenes 38 Congreso SOCOLEN, Manizales, 2011. p. 38
23. LEÓN, M. G. La diversidad de insectos en cítricos y su importancia en los programas de manejo integrado de plagas. En: Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Turrialba, Costa Rica. 2005. Vol. 74, p. 85 - 93
24. MORAKOTE, Y. y UJIYE, T. Parasitoids of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton in Thailand. En: Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. 1992. Vol. 36, No 4. p. 253 – 255.
25. CASTAÑO, P.O. El minador de las hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*, Stainton). En: Memorias III Foro de sanidad vegetal “Nuevos problemas fitosanitarios en Colombia”. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Agronomía. Marzo de 1996. p. 75-103.
26. LEÓN, M. G. y CAMPOS, J. C. Parasitoides del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillaridae) en el Piedemonte del Departamento del Meta. En: Revista de Colombiana de Entomología SOCOLEN. 2001. Vol. 27, No. 3 y 4 p. 143-146.
27. LLACER, E.; et al. Introducción de *Galeopsomyia fausta*, ectoparásitoide de pupas del minador de las hojas de los cítricos. En: Revista internacional de cítricos Levante Agrícola. España. 1998. Vol. 37, No. 343. p. 159 -167.

28. ARGOV, Y. y ROSSLER, Y. Introduction, release and recovery of several exotic natural enemies for biological control of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* in Israel. En: Phytoparasitica. 1996. Vol. 24, No. 1. p. 33-38.
29. PEÑA, J. E.; DUNCAN, R. y BROWNING, H. Seasonal abundance of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera:Gracillariidae) and its parasitoids in South Florida citrus. En: Environmental Entomology. 1996. Vol. 25, No.3 p. 698 – 702.
30. JACAS, J. A. El minador de las hojas de los cítricos: situación actual. En: Revista internacional de cítricos Levante Agrícola. España. 1998. Vol. 37, No. 343. p. 157-159.
31. SUBBA, R. B. y RAMAMANI, S. Biology of *Cirrospiloideus phyllocnistoides* (Narayanan) and description of a new species, *Scotolinx quadristriata* (Hymenoptera: Eulophiidae) as parasites of *Phyllocnistis citrella* Stainton. En: Indian Journal Entomology. 1965. Vol. 27, p. 408 – 413.
32. KNAPP, J. L. Florida citrus pest management guide. Florida: University of Florida. Cooperative Extension Service. 1998. 76 p.

Ácaros que afectan la calidad del fruto de los cítricos en Colombia

Nora Cristina Mesa Cobo*

Isaura Viviana Rodríguez Torres **

Resumen

En el presente documento se hace una revisión de algunos aspectos generales de las especies de ácaros más importantes que atacan el cultivo de cítricos en la región suroccidental de Colombia, y se presentan algunos resultados de investigaciones recientes sobre el problema, además de una clave para identificar las principales familias que afectan el cultivo.

Palabras clave: cítricos, familias de ácaros, control biológico.

Mites that affect the fruit's quality in Colombian citrus

Abstract

In this document, a revision to some general aspects of the most important mite species that attack citrus crops in the South East of Colombia is made, and some results from recent research works on the subject are shown, along with a key to identify the main mite families that affect those crops.

Key words: Citrus, mite families, biological control.

* Ph. D. Entomología, profesora asociada Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
Correspondencia:
ncmesac@unal.edu.co

** Candidata a doctorado en Ciencias Agropecuarias, línea Protección de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
Correspondencia:
ivrodriguez@unal.edu.co;
isauraviviana@gmail.com.

Introducción

La citricultura del suroccidente colombiano, representada por los departamentos de Valle, Quindío, Risaralda, Caldas y Antioquia, cuenta con poca asistencia técnica calificada, y se caracteriza por hacer un manejo tradicional del cultivo con la aplicación de acaricidas sin tener en cuenta niveles de infestación, uso casi exclusivo de compuestos químicos, mínimo uso de alternativas de control biológico, poca asistencia técnica, entre otros aspectos, lo cual está en contravía con la política colombiana de Protección a la Producción Agropecuaria, que busca incrementar y garantizar una producción competitiva, que cumpla con los requisitos sanitarios de calidad e inocuidad, establecidos por la Organización Mundial del Comercio (OMC), para acceder a los diversos mercados externos¹.

Los ácaros son identificados como uno de los problemas fitosanitarios que causan importantes disminuciones en la calidad del fruto de naranja Valencia en el país, efecto que se expresa en que entre el 37 y el 40% del área del fruto presenta daño cosmético al momento de la cosecha. Estudios recientes confirman que las familias de ácaros más importantes por su impacto económico son: Tarsonemidae, Tetranychidae, Eriophyidae y Tenuipalpidae, además de ácaros benéficos de las familias Phytoseiidae, Bdellidae, Cunaxidae, Stigmaeidae, Cheyletidae y algunos cuyo rol no está bien definido, como Tydeidae, Oribatida, Acaridae, Winterschmidtidae y Suidasidae. La región suroccidental presenta características climáticas especiales como precipitaciones intensas, humedad relativa alta, bajas temperaturas en la noche y altas en el día, condiciones que favorecen la presencia de enfermedades en flores y frutos².

Generalidades de algunas familias importantes presentes en los cítricos

La familia Tarsonemidae sobresale por su frecuencia y abundancia *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en todas las zonas productoras de la zona suroccidental del país, donde ocasiona pérdidas por momificación de frutos jóvenes hasta 2 meses de desarrollo, y en otros casos, cuando el fruto continúa su desarrollo, causa cicatrices y malformaciones. De esta familia también se encuentran, en follaje y frutos, especies de los géneros *Daidalotarsonemus* sp., *Fungitarsonemus* sp., *Xenotarsonemus* sp., *Tarsonemus* sp. y *Phytonemus* sp.³ Algunos de estos géneros llevan adheridos a su cuerpo, y en estructuras especializadas, esporas de hongos patógenos, que diseminan enfermedades fungosas⁴.

Dentro de los Eriophyidae, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead es la única especie de esta familia asociada al cultivo que ocasiona daños significativos en frutos en el país⁵⁻⁸. De la familia Tenuipalpidae, el género *Brevipalpus* contiene las especies de mayor importancia económica en cítricos. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), en el país se presenta con alta frecuencia sobre hojas, ramas y especialmente frutos, a pesar de las altas precipitaciones. Esta especie es el vector del virus de la enfermedad conocida como leprosis de los cítricos. En Colombia se han reportado sobre cítricos las especies *B. phoenicis* y *B. obovatus* Donnadieu⁵⁻⁹. *B. phoenicis* fue reportada en el año 2004 en los departamentos de Casanare y Meta, asociada con la presencia de la leprosis¹⁰. El ciclo de vida de este ácaro es de 37.4 a 43.2 días sobre frutos y hojas de naranja Valencia, respectivamente¹¹.

Varias especies de Tetranychidae son considerados importantes plagas en cítricos, *Panonychus citri* (McGregor), de distribución cosmopolita y con amplia gama de hospederos del género *Citrus*; *Eutetranychus banksi* (McGregor) y *Tetranychus urticae* Koch^{3, 5-7}. En colectas de ácaros en cítricos en la costa norte de Colombia, se reporta a *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst), especie considerada de importancia cuarentenaria para el cultivo; se colectó por primera vez en la localidad de Dibulla (Guajira) y recientemente el ICA la encontró en cultivos de naranja en Magdalena¹². Esta especie fue reportada en Zulia, Venezuela, en el 2002, y causa ataques severos donde las hojas afectadas pierden el color y los frutos se tornan plateados y duros¹³, también se reporta su presencia en Roraima, Brasil¹⁴.

Asociadas a cítricos se encuentran también algunas familias de ácaros como Acaridae, Saprogllyphidae, Tydeidae, Oribatidae, Winterschmidtidae y Suidasiidae, los cuales presentan hábitos fungívoros y saprófagos; por tanto, no ocasionan daños en frutos o follaje, ya que se alimentan de secreciones, exuvias, cadáveres de insectos y hongos, entre otros¹⁵. En 1998 se registró la presencia de *Oulenzia* sp. y *Tyrophagus* sp. asociados a cultivos de cítricos en el Valle del Cauca⁷. Otro grupo importante por su abundancia son los ácaros de la familia Tydeidae, los cuales se presentan en grandes colonias sobre árboles frutales y plantas ornamentales, en diferentes localidades de Colombia. Las poblaciones de estos ácaros se congregan en la base de las ramas, pecíolos y en diferentes áreas donde producen esclerotización del tejido verde seguido por descamación de las zonas donde se concentran¹⁶. La mayoría de las especies de Tydeidae son frugívoras, pero colonias densas, presentes en todos los estados de desarrollo, producen manchas sobre el tejido de las plantas¹⁷; no obstante, se ha demostrado que en huertos de cítricos el control de las poblaciones de *Lorrya formosa* Cooreman favorece el aumento de la escama *Saissetia oleae* (Oliver)^{15, 18}. En el país se ha reportado la presencia de *L. formosa*, *L. turrialbensis* Baker, y *Parapronematus citri* Baker^{2, 7}.

Características de algunas especies de ácaros asociados a cítricos

Polyphagotarsonemus latus Banks (Acari: Tarsonemidae)

El ácaro blanco, *P. latus*, es una de las especies de mayor importancia económica en todo el mundo^{16, 19}. Esta especie presenta amplia distribución geográfica y tiene más de 60 familias de plantas hospederas^{19, 20}. Durante su desarrollo pasa por los estados de huevo, larva, “pupa” y adulto; la pupa corresponde a una fase inmóvil; en naranja Valencia el ciclo de vida es de 3.1 días (mínimo 2.75 y máximo 4.74 días)²¹; este valor es similar a los reportados por diversos autores sobre otros hospederos^{22, 23}. La alimentación del *P. latus* causa una variedad de síntomas en diferentes hospederos y una variedad de reacciones específicas por efecto de la posible toxina que inyecta principalmente en las regiones de crecimiento de la planta, donde los tejidos son túrgidos, ya que sus estiletes quelicerales son muy cortos¹⁶. Infesta las hojas nuevas de los brotes, las cuales se decoloran, presentan plateamiento o bronceado del envés, se vuelven estrechas y rígidas lo que ocasiona daños severos y deformaciones; de ahí pasa a los frutos recién formados, y atrofia su crecimiento hasta la momificación y deformación de los mismos²⁴. El daño en los frutos se caracteriza por el levantamiento de la capa superficial de la epidermis, la cual queda adherida como una película fina de coloración gris plateada a la superficie del fruto, y es fácilmente removible²⁵. El daño causado por *P. latus* en frutos de lima en La Florida ocurre entre 4 y 6 días después de la infestación, y el daño severo en la epidermis aparece a los 12 días²⁶. Estudios recientes sobre naranja Valencia en Colombia demuestran que infestaciones de 30 hembras sobre frutos tiernos inducen primeras manifestaciones de daño a los 2.4 días, y posterior caída de la estructura en una semana^{27, 28}. En Colombia, *P. latus* se reproduce en el campo durante todo el año. El incremento de las poblaciones del ácaro se asocia con algunos factores climáticos como temperatura y precipitación, aunque zonas como Caicedonia (Valle) que tienen humedades relativas superiores al 80% presentan picos poblacionales del ácaro durante todo el año²⁸.

Phyllocoptura oleivora (Ashmead) (Acari: Eriophyidae)

En Colombia el ácaro tostador *P. oleivora* es la única especie de Eriophyidae que causa daños de importancia económica en cítricos, especialmente en naranja^{5- 8, 12}. A pesar de la importancia que tiene *P. oleivora* en la producción de cítricos en Colombia, no existían reportes sobre la magnitud del daño ocasionado teniendo en cuenta el tamaño tan reducido de estos ácaros y la dificultad para observarlos; tampoco se conocían estu-

dios básicos sobre la biología de este ácaro en el país. Estudios de ciclo de vida desarrollados sobre naranja Valencia en Colombia confirmaron que *P. oleivora* pasa por los estados de huevo, larva, ninfa y adulto; la ninfa es ligeramente de mayor tamaño; los estados inmaduros, así como el adulto, poseen dos pares de patas situadas en el propodosoma; la forma de estos ácaros es vermiforme o fusiforme; el ciclo de vida es de 7.4 días (mínimo 5, máximo 8.6 días)^{21, 29} valor similar al reportado por diversos autores^{30, 31}. El daño ocasionado por este ácaro se produce por la inserción de los estiletes queliceriales, los cuales alcanzan las células epidérmicas; el daño resulta de la extracción del contenido celular que ocasiona bronceamiento en hojas y frutos; las células perforadas cicatrizan por la presencia de lignina²⁴. Otra teoría afirma que el ácaro rompe células de aceite de la epidermis de los frutos de naranja; estas células perforadas se colapsan modificando su color; la alimentación del ácaro induce una producción de etileno (C₂H₄) que estimula el cambio de color en hojas y frutos; el daño también parece estar asociado a la producción de lignina en el proceso de cicatrización y a una probable oxidación de sustancias del citoplasma de las células de la epidermis³². En estudios recientes desarrollados sobre cultivos de naranja Valencia en Caicedonia (Valle) y Támesis (Antioquia), el ácaro nunca se encontró sobre hojas tiernas ni en frutos menores a cuatro meses de desarrollo; los picos de población de la especie se presentaron durante las épocas de verano y no se encontró correlación entre el daño de *P. oleivora* y parámetros de calidad de los frutos afectados como peso, diámetro y grados brix; los primeros síntomas de daño que aparecen sobre frutos de cuatro a seis meses de edad (3-7 cm de diámetro) ocurren entre 28 y 38 días con niveles de infestación entre 100 y 500 adultos por fruto; la aparición del bronceamiento de los frutos fue significativamente más rápida en frutos de cuatro meses (3-5 cm de diámetro) infestados con 300-500 adultos, los cuales mostraron daño en su epidermis a los 37 días²⁸.

Controladores biológicos de los ácaros fitófagos en cítricos

Entre los enemigos naturales de ácaros fitófagos en cítricos se destacan los ácaros de la familia Phytoseiidae, por su abundancia y frecuencia en el follaje. En Colombia, estos ácaros son reconocidos como reguladores biológicos en diferentes agroecosistemas⁸. En cítricos se han identificado: *Amblyseius aerialis* (Muma), *A. coffeae* De Leon, *A. chiapensis* De Leon, *A. herbicolus* (Chant), *A. vasiformis* Moraes y Mesa, *Amblyseius* sp., *Euseius concordis* (Chant), *E. ala-*

tus De Leon, *Euseius* sp., *E. caseariae* De Leon, *E. ho* De Leon, *E. naindaimi* (Chant y Baker), *Iphiseiodes zuluagai* Denmark y Muma, *Neoseiulus anony-mus* Denmark y Muma, *N. californicus* (McGregor), *Proprioseiopsis cannaensis* (Muma), *Typhlodromalus aripo* De Leon, *Typhlodromipsneotunus* Denmark y Muma, *Typhlodromina tropica* (Chant), *Typhlodromus transvalensis* (Nesbitt)^{3,5,6,7}. Además de los Phytoseiidae, se encontraron representantes de otras familias con hábitos depredadores como Cunaxidae, Bdellidae, Cheyletidae, Stigmaeidae y Tydeidae².

Conclusiones y recomendaciones

Se espera que los resultados presentados en esta sección permitan a los citricultores del país conocer algunos aspectos básicos sobre el comportamiento y los daños que causan las especies de ácaros de mayor importancia en el cultivo, y contribuyan a mejorar la sanidad del cultivo, con lo cual se fortalece la cadena citrícola en el país. No obstante, es necesario continuar con estudios sobre el establecimiento de métodos de muestreo secuencial y patrones de distribución de los ácaros en cultivos, de una manera similar a los desarrollados en otras regiones del mundo^{33,34}. Esta información es de gran valor en el momento de establecer umbrales de acción como los desarrollados para *P. oleivora* en Australia²⁵, Estados Unidos³¹ y Brasil³⁵ así como también para *P. latus* en Australia y Florida³⁵.

Referencias bibliográficas

1. ESPINAL, Carlos F.; MARTINEZ, Héctor J. y PEÑA, Yadira. La cadena de cítricos en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Observatorio Agrociudades Colombia, 2005. 61 p.
2. MESA, Nora Cristina; *et al.* Caracterización del manejo de los cítricos en la zona sur occidental de Colombia. Especies de ácaros asociadas a cultivos de naranja Valencia. Cali, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2011. 16 p.
3. MESA, Nora Cristina, *et al.* Especies de ácaros asociados a naranja Valencia en el Valle del Cauca, Quindío, Caldas, Risaralda y Antioquia. En: XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 29 a 31 de Julio de 2009 Medellín. p.193.
4. OCHOA, Ronald; AGUILAR, Hugo y VARGAS, Carlos. Ácaros fitófagos de América Central: Guía ilustrada. Turrialba: CATIE, 1991. 225 p.

5. ZULUAGA, Jose Iván. Lista preliminar de ácaros de importancia en Colombia. En: Acta Agronómica Colombiana. 1971. Vol. 21, No. 3. p. 119-132.
6. CASTAÑO, Nancy y LEON, Gloria Marcela. Controladores biológicos asociados a las plagas que afectan el cultivo de los cítricos. Palmira. 1989. 285 p. Trabajo de Grado par optar el Título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
7. PADILLA, Juan Carlos. Identificación de ácaros asociados a cítricos en el Valle de Cauca e incidencia de especies fitófagas en un cultivo comercial. Palmira. 1998. 124 p. Trabajo de Grado par optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
8. MESA, Nora Cristina. Ácaros de importancia agrícola en Colombia. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. 1999. Vol. 52, No. 1. p. 321-363.
9. TORO, Shirley. Tabla de vida del ácaro *Brevipalpus phoenicis* Geijskes, Acari: Tenuipalpidae, sobre maracuyá. 89 p. Palmira. 1997. 10 p. Trabajo de Grado par optar el Título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
10. LEÓN, Guillermo; *et al.* Occurrence of *Citrus leprosis* virus in Llanos Orientales, Colombia: Plant Diseases [En línea]. 2006. 90: 682 on-line as DOI: 10.1094/PD-90-0682C
11. TORO, Shirley; *et al.* Parámetros poblacionales de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) sobre naranja Valencia. En: Resúmenes XXXVIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 27 al 29 de Julio de 2011 Manizales. En prensa.
12. MESA, Nora Cristina. Ácaros asociados a Cítricos en Colombia. [En línea]. En: Primer Congreso Latinoamericano de citricultura, una jugosa oportunidad. Diciembre 1 al 3, Hotel Intercontinental, Medellín Colombia. 2010. [Citado el 23 abril de 2011]. Url disponible en: http://www.comfenalcoantioquia.com/boletinempresas/MEMORIAS_CITRICOS/CONFERENCISTAS/NACIONALES/Nohora%20Cristina%20Mesa%20-%20Colombia/Acaros%20en%20citricos%20-%20Congreso.pdf
13. QUIRÓS DE GONZALEZ, M. & Geraud-Pouey, F. *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst) (Acari: Tetranychidae), new spider mite pest damaging citrus in Venezuela, South America. In: Program and Abstract Book, XI International Congress of Acarology (8-13 September 2002 Mérida, México). p. 255-256.
14. NAVIA, Denise y MARSARO, Alberto. First Report of the Citrus Hindu Mite, *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst) (Prostigmata: Tetranychidae) in Brazil. En: Neotropical Entomology. 2010. Vol. 39, No. 1; p. 140-143.

15. GERSON, Uri y SMILEY, Robert. Acarine biocontrol agents. An illustrated key and manual. London: Chapman and Hall, 1990. 167 p.
16. JEPPSON, L.; KEIFER, H. y BAKER, E. Mites injurious to economic plants. Berkeley, CA: University of California Press; 1975. 614 p.
17. KRANTZ, Gerald; WALTER, D. E. A Manual of Acarology. Third edition. Texas: Texas Tech University Press, 2009. 807 p.
18. MENDEL, Z.; GERSON, Uri. Is the mite *Lorrya formosa* Cooreman (Prostigmata: Tydeidae) a sanitizing agent in citrus groves? In: Oecol. Applied. 1982. Vol. 3. p. 47 - 51.
19. GERSON, Uri. Biology and control of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). In: Experimental Applied Acarology. 1992. Vol. 13. p. 163-178.
20. CROSS-ROMERO, M.; PEÑA, Jorge. Relationship of broad mite (Acari: Tarsonemidae) to host phenology and injury levels in *Capsicum annuum*. In: Florida Entomologist . 1998. Vol. 81. p. 515 - 526.
21. MESA, Nora Cristina; *et al.* Estudios del ciclo de vida y comportamiento de las especies de ácaros de importancia económica asociadas a cultivos en naranja Valencia. Cali, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2011. 24 p.
22. VIERA, Mariane; CHIAVEGATO, Luiz. Biología de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) em limão siciliano (*Citrus limón* Burm). En: Anais Sociedade Entomologica Brasil. 1999. Vol. 28, No. 1. p. 27-32.
23. FERREIRA, Rodrigo; *et al.* Biología, exigências térmicas e tabela de fertilidade do Ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) em videira (*Vitis vinífera* L.) cv. Itália. En: Neotropical Entomology. 2006. Vol. 35, No. 1. p. 126-132.
24. MORAES, Gilberto y FLECHTMANN, Carlos. Manual de Ácarología. Ácarología Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Riberão Preto: Holos Editora, 2008. 270 p.
25. SMITH, D.; BEATTIE, G. y BROADLEY, R. Citrus Pest and their enemies: Integrated Pest Management in Australia. Australia: Queensland Department of Primary Industries Series, 1997. 272 p.
26. PEÑA, Jorge. Relationships of broad mite (Acari: Tarsonemidae) density to lime damage. In: Journal of Economic Entomology. 1990. Vol. 83. p. 2008-2015.
27. RODRÍGUEZ, Isaura; *et al.* Relación entre la fenología del cultivo de naranja Valencia y la incidencia de *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). En: Resúmenes XXXVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SO-COLEN. 30 de junio al 2 de Julio. Bogotá, 2010. p.156.

28. MESA, Nora Cristina; *et. al.* Dinámica de población y fenología del daño causado por *Polyphagotarsonemus latus* y *Phyllocoptruta oleivora* en naranja Valencia. Cali, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2011. 16 p.
29. VALENCIA, Milton; *et al.* Biología y comportamiento de *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) sobre naranja Valencia. En: Resúmenes XXXVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. 30 de junio al 2 de Julio Bogotá. 2010. p 61.
30. OLIVEIRA, C. P. Biologia do ácaro da falsa ferrugem da falsa ferrugem *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead, 1879) (Acari: Eriophyidae) em citros. São Paulo. 2000. 41 p. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.
31. ROGERS, Michael; *et al.* Florida Citrus Pest Management Guide: Rust Mites, Spider Mites and Other Phytophagous Mites. Florida: Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2009. 8 p.
32. McCOY, Clayton W. Damage and control of Eriophyoid mites in crops. Styler feeding injury and control of eriophyoid mites in citrus. In: Lindquist, E.; Sabelis, M.; Bruin, J. Eriophyoid Mites. Their Biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier, 1996; p. 513-526.
33. AGHAJANZADEH, Sirous & MALLIK, B. Sampling and distribution patterns of citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead (Acari: Eriophyidae) using adhesive tape method. In: International Journal of Agriculture and Biology. 2007. Vol 9, No. 2; p. 329-332.
34. HALL, David; CHILDERS, Carl & EGER, Joseph. Binomial sampling to estimate rust mite (Acari: Eriophyidae) densities on orange fruit. In: Journal of Economic Entomology. 2007. Vol. 100, No. 1. p. 233-240.
35. SMITH, D.; PEÑA, Jorge. 2002. Tropical Citrus Pests. [En línea]. En: Peña J. E.; Sharp, J. L.; Wysoki, M. (Eds.). Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control. New York. CABI Publishing. 2002; p 57-102. [Citado el 23 de mayo de 2011] Url disponible en : http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=t_BSs0hrAPAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=tropical+fruit+pests+pe%C3%B1a&ots=_Lijc6wLAB&sig=gsaxcEdnlNepq1ZY7X5sagk6BsM#v=onepage&q&f=true

Los insectos escama asociados a los cítricos, con énfasis en *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Ortheziidae)

Takumasa Kondo*
Ana Lucia Peronti**
Ferenc Kozár***
Éva Szita****

Resumen

En el presente capítulo se presenta un listado de 32 co-coideos que afectan los cítricos en Colombia. Se provee información general sobre sus morfologías, daños y control, con énfasis en *Praelongorthezia praelonga* (Douglas). También se provee una clave taxonómica con ilustraciones para separar las dos especies de Ortheziidae que afectan los cítricos en Colombia, i.e., *P. praelonga* e *Insignorthezia insignis* (Browne).

Palabras clave: cítricos, coccoidea, cocoideos, escamas, plagas.

The scale insects associated with citrus, with emphasis on *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Ortheziidae)

Abstract

In this Chapter, a list of 32 scale insect species affecting citrus in Colombia, as well as general information on their morphology, damage and control is present-

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Colombia
Correspondencia:
takumasa.kondo@gmail.com

** Departamento de Ecología e Biología Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos/SP, Brazil.
Correspondencia:
anaperonti@hotmail.com

*** Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary.
Correspondencia:
h2405koz@ella.hu;
szita@julia-nki.hu

ted, with emphasis on *Praelongorthezia praelonga* (Douglas). A taxonomic key and illustrations are provided also in order to separate the two species of Ortheziidae that affect citrus in Colombia, i.e., *P. praelonga* and *Insignorthezia insignis* (Browne).

Key words: citrus, coccoidea, coccoids, scales, pests.

Introducción

Los insectos escama o cocoideos son hemípteros que se alimentan de la savia de las plantas, e incluyen todos los miembros de la superfamilia Coccoidea. Estos insectos están relacionados con los pulgones (Aphidoidea), las moscas blancas (Aleyrodoidea) y psílidos (Psylloidea), y junto constituyen el suborden Sternorrhyncha¹. En la actualidad, hay unas 32 familias existentes de insectos escama reconocidas, dependiendo de los autores². Los insectos escama se dividen generalmente en dos grupos informales: los arqueococoides y los neococoides. A excepción de una sola familia (i. e., Putoidae), los arqueococoides generalmente se pueden reconocer por la presencia de 2–8 pares de espiráculos abdominales, los cuales están ausentes en los neococoides.

Los cítricos son probablemente los hospederos más preferidos por los insectos escama. Según el banco de datos de insectos escama del mundo ScaleNet³, hay 319 especies distribuidas en 11 familias de insectos escama registrados en *Citrus* spp. En Colombia se conocen alrededor de 200 especies de escamas en 13 familias⁴⁻¹³. De las especies registradas en Colombia, 32 especies distribuidas en 6 familias: Diaspididae, Coccidae, Pseudococcidae, Monophlebidae, Ortheziidae y Margarodidae, se consideran plagas de los cítricos¹⁴ (**tabla 1**). La Ortezia de los cítricos, *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (previamente conocida como *Orthezia praelonga*) es considerada una de las plagas más importantes de los cítricos en Colombia.

Escamas o escamas protegidas (Diaspididae)

Las escamas, también conocidas como escamas protegidas o diaspididos, son insectos planos, muy pequeños, generalmente de 1 a 2 mm de diámetro, con una cubierta de color variable. Las ninfas femeninas escogen un sitio del árbol apropiado para su alimentación; allí clavan su aparato bucal, se alimentan, mudan y permanecen en el mismo sitio hasta que mueren. La hembra tiene tres instares: al primero se le llama gateador, tiene antenas y patas bien desarrolladas y se dispersan en este estado; el segundo instar se desarrolla en el mismo sitio que escoge el gateador para

alimentarse y permanece allí, ya que no tiene patas; la escama de cera del segundo instar tiene dos capas: la capa superior es la exuvia (muda del insecto) del gateador, más la capa que la larva de este estadio produce. La hembra adulta se parece a la ninfa del segundo instar, pero regularmente es más grande, tiene más poros, una vulva, y su cobertura cerosa o “escama” está compuesta por tres capas de cera (la exuvia del primer instar, la capa cerosa del segundo instar, y una tercera capa que produce el adulto). Muchas escamas viven en colonias y atacan troncos, ramas, hojas y frutos. Los árboles afectados pueden tolerar grandes poblaciones de estos insectos, pero son más susceptibles en épocas de sequía o en el estado de plántulas. Las escamas pueden aparecer en cualquier parte de las plantas, desde las hojas, hasta los frutos, ramas, troncos y raíces. Las plántulas son especialmente susceptibles y pueden llegar a secarse cuando las poblaciones son muy altas. La especie más común en los cítricos es el piojo blanco de los cítricos, *Unaspis citri* Comstock (**figura 1A**).



Figura 1. A. *Unaspis citri* (Comstock) (Diaspididae).

Escamas de color café hembras; escamas de color blanco, puparios del macho. B. *Coccus viridis* (Green) (Coccidae), hembra adulta. C. *Icerya purchasi* Maskell (Monophlebidae), adulto con ovisaco. D. *Planococcus citri* (Risso) (Pseudococcidae), hembra adulta (centro) y gateador (derecha).

Fuente: T. Kondo.

Escamas blandas (Coccidae)

Por lo general estas escamas son de mayor tamaño que las escamas protegidas y las cochinillas harinosas. Este grupo está caracterizado por la presencia de un par de placas anales, las cuales se abren para excretar la miel de rocío. Son insectos pequeños, inmóviles, convexos o planos; muchos están cubiertos por una cera delgada transparente; pero también hay especies con cera abundante como las del género *Ceroplastes*. Son de diferentes formas y colores, según la especie. La hembra tiene cuatro instares, al primer instar se le denomina gateador, tiene antenas y patas bien desarrolladas. En este estadio se dispersan. Después del primer estado ninfal, las escamas blandas pasan por el segundo y tercer estado

ninfal. Las ninfas del segundo estado ninfal se parecen a los gateadores pero carecen de setas largas en las placas anales como el gateador. Las del tercer instar se parecen a la hembra adulta pero son más pequeñas, tienen menos poros y no tienen una vulva. En ataques fuertes pueden causar defoliación. Muchos de ellos excretan miel de rocío, un líquido azucarado que promueve el desarrollo de la fumagina. Estas condiciones son severamente dañinas en plántulas o en árboles de mucha edad. También pueden causar un daño cosmético cuando infestan directamente el fruto, o cuando la fumagina crece en los frutos cubiertos por la miel de rocío que éstos excretan. Una de las especies más comunes en cítricos en Colombia es la escama verde de los cítricos *Coccus viridis* (Green) (**figura 1B**).

Cochinillas harinosas (Pseudococcidae)

Son insectos de forma oval, generalmente caracterizados por un cuerpo blando, cubierto con proyecciones de cera blanquecinas, de diferentes tamaños. Al igual que las escamas blandas, tienen 4 instares, el primer instar o gateador, las ninfas del segundo y tercer instar, y la hembra adulta (cuarto instar). Las cochinillas harinosas se encuentran distribuidas por todo el mundo. Una de las especies más comunes en los cítricos en Colombia es *Planococcus citri* (Risso). Muchas especies de cochinillas harinosas, incluyendo las tres especies registradas sobre los cítricos en Colombia, *Ferrisia virgata* (Cockerell), *P. citri* (**figura 1C**) y *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti), son especies polífagas, consideradas plagas de frutales y ornamentales en muchos lugares donde ocurren. En los cítricos pueden producir secamiento de brotes cuando sus poblaciones son altas, y la miel de rocío que excretan, junto con la fumagina que crece en ellas pueden dañar la calidad de los frutos.

Perlas de tierra (Margarodidae) y Cochinillas Acanaladas (Monophlebidae)

Posada¹⁴ registra a una perla de tierra *Margarodes* sp. (Margarodidae) como una plaga de los cítricos. Las perlas de tierra son insectos escama de hábitos subterráneos, y se les llama perlas de tierra porque estos insectos tienen un estado de cisto el cual se asemeja a una perla. Las cochinillas gigantes de la familia Monophlebidae, hasta hace poco, se incluían en la familia Margarodidae, pero ahora se consideran como una familia separada. En Colombia, se han reportado dos especies de Monophlebidae, *Crypticerya montserratensis* (Riley & Howard) e *Icerya purchasi* Maskell (**figura 1D**). La cochinilla acanalada de los cítricos, *I. purchasi*, ha sido considerada una plaga devastadora de los cítricos en los Estados Unidos en el pasado, pero ahora sus poblaciones regularmente son controladas por enemigos

naturales, p. ej., el coccinéido *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) y el mosco parasitoide *Cryptochaetum iceryae* (Williston) (Diptera: Cryptochaetidae). En Colombia, *I. purchasi* no se considera una limitante de los cítricos.

Tabla 1. Listado de cocoideos registrados en cítricos en Colombia (Adaptado de Posada¹⁴).

Family Coccidae (7 spp.)
<i>Ceroplastes floridensis</i> Comstock
<i>Coccus hesperidum</i> Linnaeus
<i>Coccus viridis</i> (Green)
<i>Protopulvinaria longivalvata</i> Green
<i>Pulvinaria psidii</i> (Maskell)
<i>Saissetia coffeae</i> (Walker)
<i>Saissetia oleae</i> (Olivier)
Familia Diaspididae (17 spp.)
<i>Aspidiotus nerii</i> Bouche
<i>Aulacaspis tubercularis</i> Newstead
<i>Chrysomphalus aonidium</i> (Linnaeus)
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> (Morgan)
<i>Hemiberlesia lataniae</i> (Signoret)
<i>Hemiberlesia palmae</i> (Cockerell)
<i>Ischnaspis longirostris</i> (Signoret)
<i>Lepidosaphes beckii</i> (Newman)
<i>Lepidosaphes gloverii</i> (Packard)
<i>Lopholeucaspis</i> sp.
<i>Parlatoria cinerea</i> Hadden
<i>Parlatoria pergandii</i> Comstock
<i>Pinnaaspis aspidistrae</i> (Signoret)
<i>Pinnaaspis strachani</i> (Cooley)
<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> (Green)
<i>Selenaspis articulatus</i> (Morgan)
<i>Unaspis citri</i> (Comstock)
Familia Margarodidae (1 sp.)
<i>Margarodes</i> sp.
Familia Monophlebidae (2 spp.)
* <i>Crypticerya montserratensis</i> (Riley & Howard) [Probablemente <i>C. multicatrices</i> Kondo & Unruh; ver Notas]
<i>Icerya purchasi</i> Maskell
Familia Ortheziidae (2 spp.)
<i>Insignorthezia insignis</i> (Browne)
<i>Praelongorthezia praelonga</i> (Douglas)
Family Pseudococcidae (3 spp.)
<i>Ferrisia virgata</i> (Cockerell)
<i>Planococcus citri</i> (Risso)
<i>Pseudococcus longispinus</i> (Targioni Tozzetti)
Total: 32 spp.

Notas. *Ceroplastes bergi* Cockerell, listada por Posada¹⁴, no se incluyó en la lista debido a que esta especie solo ha sido reportada para la Argentina; por lo tanto, este registro se considera dudoso. No hay ejemplares voucher del estudio realizado por Posada¹⁴; por lo tanto, sus identificaciones no pueden ser verificadas. (*) Posada¹⁴ listó a *Crypticerya montserratensis* como plaga de los cítricos, pero según Kondo y Unruh¹¹ el “grupo *Crypticerya montserratensis*”, cual está compuesto por *C. brasiliensis* Hempel, *C. montserratensis*, *C. multicatrices* Kondo & Unruh y *C. zeteki* (Cockerell) son similares en su morfología externa, por lo tanto, registros de *C. montserratensis* y *C. zeteki* en Colombia muy probablemente son identificaciones erróneas de la especie polífaga *C. multicatrices*. En Colombia solo se ha confirmado la presencia de tres especies de la tribu Iceryini, estas son: *C. abrahami* (Newstead), *C. multicatrices* y *I. purchasi*¹¹.

Orteziias (Ortheziidae)

Los miembros de la familia Ortheziidae se conocen comúnmente como ortézidos y pertenecen al grupo de los arqueococoides. Actualmente hay 202 (194 existentes y 8 fósiles) especies de ortézidos (familia Ortheziidae) descritos^{3, 15}. La ortezia de los cítricos *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (**figura 2A**) y la cochinita blanca menor de los cítricos *Insignorthezia insignis* (Browne) (**figura 2B**) son altamente polífagas y son consideradas plagas dondequiera que ocurren. *Insignorthezia insignis* se distribuye en todas las regiones zoogeográficas del mundo. Por otro lado, *P. praelonga* es de origen neotropical, y su distribución hasta hace poco se limitaba a Centroamérica, Suramérica y el Caribe. Aunque no está reportada en la literatura científica, *P. praelonga* fue introducida en las zonas tropicales de África Occidental a principios de los 2000, en la República del Congo (Brazzaville) y la República Democrática del Congo en donde se ha convertido en una plaga importante de los cítricos (A. Kiyindou, comunicación personal).

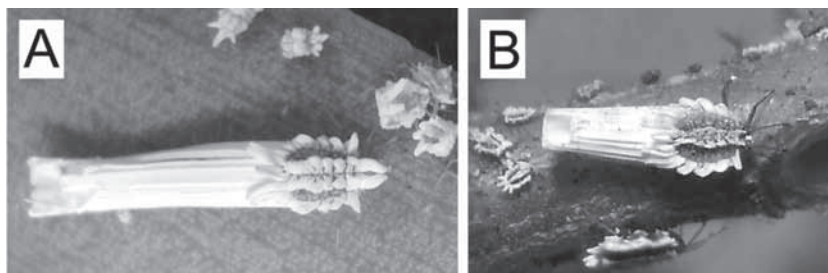


Figura 2. A. *Praelongorthezia praelonga* (Douglas), hembra adulta, ninfas y exuvias de ninfas. B. *Insignorthezia insignis* (Browne), hembra adulta y ninfas.

Fuente: T. Kondo.

Importancia económica

Praelongorthezia praelonga (figura 2A) causa daños a las plantas, tanto directamente por su alimentación como indirectamente debido a los síntomas de fumagina a las que se asocia. Según Koteja¹⁶, la mayoría de especies de ortézidos viven en la hojarasca del suelo en ambientes húmedos y se alimentan de hongos, musgos y raíces de diferentes plantas. Los hospederos verdaderos o preferidos de la mayoría de las especies de ortézidos son desconocidos. A diferencia de la mayoría de las especies de la familia Ortheziidae, *I. insignis* (figura 2B) y *P. praelonga* (figura 2A) son muy polífagas y pueden causar infestaciones severas asociadas con fumagina y muerte de ramas. Las dos especies se pueden encontrar en los cítricos, pero *P. praelonga* es la más frecuente en los cítricos en Colombia (figura 3).

En Colombia, *P. praelonga* es una plaga común de los cítricos; los insectos prefieren alimentarse en el envés de las hojas, pero se pueden encontrar en ambas superficies, y en ramas, flores y troncos cuando las poblaciones son muy altas. La ortezia de los cítricos se ha registrado como una plaga en árboles frutales desde 1973 en Colombia, en el departamento de Antioquia. En 1975 se registró en Palmira, en el departamento del Valle del Cauca, atacando árboles de cítricos y causando infestaciones severas asociadas a hongos de fumagina y muerte de ramas. La fumagina, generalmente causada por un hongo, *Capnodium* sp., se desarrolla en la miel de rocío producida por los insectos, y causa una reducción en la tasa fotosintética de la planta (Fig. 3). En el departamento del Valle del Cauca, el croton ornamental (*Codiaeum variegatum*) y *Bougainvillea* spp. son los reservorios más importantes de este insecto, y pueden convertirse en una fuente de infestación permanente. La amplia gama de plantas hospederas, la alta capacidad reproductiva del insecto y la escasez de control biológico de *P. praelonga* han contribuido a la reputación de este insecto como una plaga grave.

Infestaciones severas de *P. praelonga* en las plantas de cítricos se asocian a menudo con la falta de enemigos naturales, y esto suele ser una consecuencia directa del uso de plaguicidas. La práctica del control químico de *P. praelonga*, además de ser ineficaz, a menudo destruye el equilibrio natural del ecosistema, causando la aparición de nuevas plagas de insectos y el resurgimiento de otros. En Brasil esta especie es uno de los insectos más importantes asociados con *Citrus* spp., que causa graves pérdidas¹⁷. En la República del Congo y la República Democrática del

Congo, *P. praelonga* se ha reportado por causar la defoliación completa de árboles (A. Kiyindou, comunicación personal).

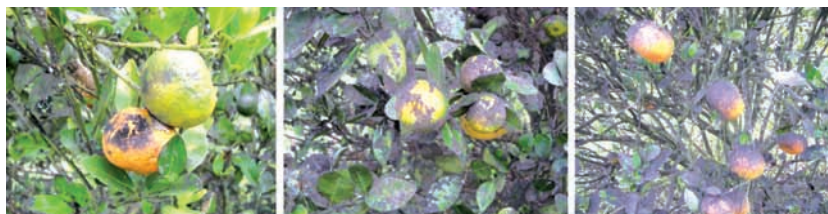


Figura 3. Tres especies de cítricos severamente infestados con *P. praelonga* que muestran síntomas de fumagina.

Fuente: T. Kondo.

Origen geográfico de *Praelongorthezia praelonga* (Douglas)

La ortezia de los cítricos ocurre en América Central, América del Sur y en el Caribe, y aunque es de origen neotropical, su área de distribución natural exacta se desconoce.

Distribución mundial. Región Neártica: México. **Región Neotropical:** Antigua y Barbuda; Argentina; Barbados; Bolivia; Brasil; Islas Vírgenes Británicas; Colombia; Dominica; Ecuador; Granada; Guadalupe; Guyana; Jamaica; Marie-Galante; Martinica; Panamá; Perú; Puerto Rico e Islas Vieques; Saint Croix; San Bartolomé; San Martín; Trinidad y Tobago; Islas Vírgenes de los Estados Unidos; Venezuela^{3, 18}. **Región Afro-Tropical:** República del Congo, República Democrática del Congo.

Morfología externa

La forma, número y distribución de las placas de cera de los ortézidos (morfología externa) han demostrado ser útiles en la identificación a escala genérica, y en algunos casos para la identificación de especies. Las fotos digitales del vientre y el dorso de los ortézidos se pueden utilizar para la separación rápida de algunos ortézidos.

Las placas de cera dorsales consisten en una placa de cera central, una placa de cera subcentral y placas de cera marginales; las placas de cera ventrales se componen de láminas de cera mesocoxales y metacoxales (**figura 4**). La distribución de las placas de cera de las dos especies de ortézidos registrados en Colombia se muestra en la **figura 5**.

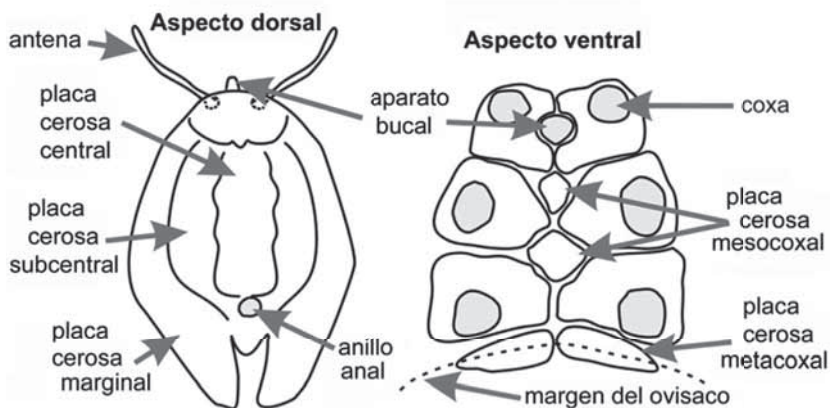


Figura 4. Morfología externa, dorsal y ventral de un ortézido indicando la posición de las placas de cera.

Fuente: É. Szita.

Clave práctica para la separación de ortézidos en cítricos en Colombia

1. Superficie ventral. Placas cerosas alrededor de las coxas poco desarrolladas; placas cerosas mesocoxales ausentes. Superficie dorsal: dorso con muy poca cera; con solo unas pocas protrusiones de cera en la zona central del tórax... *Insignorthezia insignis* (figura 5A, C)

– Superficie ventral: Placas cerosas en la zona ventral, bien desarrolladas. Superficie dorsal: placas cerosas subcentrales poco desarrolladas o ausentes; cuando presentes, compuestas por una cera harinosa fácilmente desprendible... *Praelongorthezia praelonga* (figura 5B, D)

Nota. En Colombia solo se han reportado dos especies de Ortheziidae, y estas especies corresponden a *I. insignis* y *P. praelonga*, las mismas que atacan los cítricos en este país.

Biología

Las ninfas y las hembras adultas de *P. praelonga* caminan por todo el hospedero en busca de un sitio de alimentación adecuado. Los dos primeros estados del macho son similares a los de la hembra, sin embargo, después de terminar el segundo estado ninfal, los machos dejan de alimentarse y se desplazan al tronco del hospedero (figura 6A y B), donde permanecen agrupados hasta que se transforman en adultos (recuadro figura 6B).

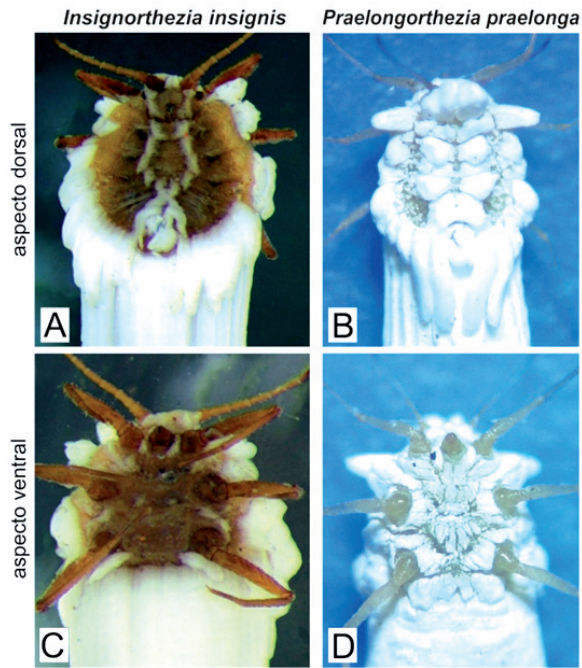


Figura 5. Vista dorsal y ventral de las placas cerosas de dos especies de ortézidos comunes en los cítricos. A & C. *Insignorthezia insignis*. B & D. *Praelongorthezia praelonga*.

Fuente: A & C por É. Szita; B & D por T. Kondo.

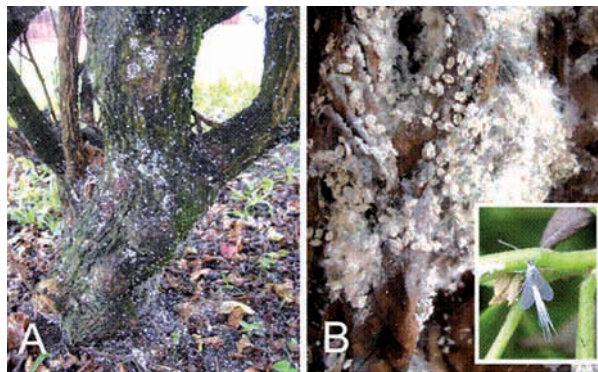


Figura 6. A. Tronco de árbol con pupas de machos de *P. praelonga*. B. Hoja seca en la superficie del suelo con pupas macho. El recuadro muestra macho adulto. Fotos tomadas en Colombia.

Fuente: T. Kondo.

Según un estudio realizado en cítricos en São Paulo, Brasil, las poblaciones de *P. praelonga* son más altas durante los meses más fríos y secos del año, cuando hay baja precipitación y baja humedad relativa en el aire¹⁹. La temperatura óptima para el desarrollo de *P. praelonga* es de unos 25°C, con el límite de temperatura máxima de 38°C, y el límite mínimo de 15°C. Los insectos tienen una vida útil de 40 a 200 días. En el campo, los machos comúnmente vuelan al atardecer, y los insectos en cópula se pueden observar en este momento en las plantas infestadas. Agregaciones de ninfas recién emergidas se forman en torno a sus adultos y ahí se alimentan²¹. La duración del ciclo de vida del *P. praelonga* se ve afectada por la especie de hospedero en que se alimentan y por la temperatura. Lima²⁰ estudió la biología de *P. praelonga* en condiciones de laboratorio (temperatura de 27,5 ± 1°C, humedad relativa de 73,8 ± 0,4 y un fotoperíodo de 14 horas). El ciclo de vida se completó en 81,5 ± 7,3 días en *Solanum tuberosum* y en 60,9 ± 2,5 días en *Alternanthera dentata* f. *rubiginosa*. El tipo de dieta influyó en el período de oviposición y en el número promedio de huevos puestos, que fueron significativamente mayores en adultos criados en tubérculos de papa germinados. La longevidad de las hembras estuvo directamente correlacionada con la duración del período de oviposición y el número de huevos puestos. Los machos, después de emerger como adultos, vivieron en promedio 5,0 ± 0,7 días. La cópula se llevó a cabo dentro de las primeras 7,2 ± 0,5 horas después de la emergencia de los machos. El número de montas por macho fue de 8 ± 1 a 24 ± 2 cópulas cuando una o más hembras estaban disponibles. La duración de cada copulación varió entre 1,4 a 11,2 minutos, con un promedio de 6,4 ± 2,5 minutos. La proporción de sexos fue de 0,67 lo que indica una relación aproximada de un macho a dos hembras.

Neves; *et al*²¹ estudiaron los requisitos de temperatura y voltinismo de *P. praelonga* criados en *Citrus limonia* en Brasil, y determinaron que el número de generaciones de la especie por año varía entre 5,0 y 6,6. Restrepo; *et al*²² estudiaron el ciclo de vida de *P. praelonga* en condiciones de campo en Colombia. Los huevos eclosionaron aproximadamente 7 días después de ser ovipuestos, y los tres instares ninfales de la hembra, i. e., el primer instar o gateador, y las ninfas del segundo y tercer instar, duraron 31, 35 y 64 días, respectivamente. La prepupa del macho duró en promedio 32 días y la fase de pupa duró 4 a 5 días. Los machos adultos alados viven un máximo de 8 días y vuelan activamente. Las hembras adultas vivieron durante un máximo de 90 días. Cada hembra adulta puso 85 a 106 huevos. Las ninfas de primer instar, que se agrupan en torno a sus madres, empiezan a dispersarse en el follaje poco después de la muda al segundo instar.

Nota sobre la actividad de vuelo del macho. Lima²⁰ reportó que los machos de *P. praelonga* vuelan al atardecer en Brasil, pero en Colombia los machos se han observado volando principalmente en las horas de la mañana (T. Kondo, observación personal).

Métodos de control

Control químico

Carvalho²³ discutió el uso del control químico de la siguiente manera: en Brasil, no hay productos químicos registrados que se puedan utilizar para controlar a *P. praelonga* en la mayoría de los frutales. Sin embargo, en el futuro, cuando estos productos estén disponibles en el mercado, se recomienda dar preferencia a productos que son menos dañinos para los seres humanos y el medioambiente. El uso de productos químicos debe estar dirigido a los focos de infestación en el huerto, y las aplicaciones al lote entero deben evitarse a fin de preservar los enemigos naturales que mantienen a *P. praelonga* bajo un equilibrio ecológico.

Control biológico

Para el Estado de Río de Janeiro, Brasil, Gonçalves²⁴ dio una lista de enemigos naturales, incluyendo la avispa *Cales noacki* (Hymenoptera: Aphelinidae), y las moscas *Gitona brasiliensis* y *G. fluminensis* (Diptera: Drosophilidae). En otro estudio, Gonçalves²⁵ señaló que *Pentilia egena* y *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) se alimentan de los huevos dentro del ovisaco de *P. praelonga* y listan también varios hongos patógenos, tales como *Verticilium lecanii*, *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp.

En Colombia, Velásquez; *et al*²⁶ estudiaron los agentes benéficos para el control de la ortezia de los cítricos y encontraron que los depredadores, aunque por lo general se encuentran en bajas poblaciones, pueden ayudar a reducir las poblaciones. En Brasil y Colombia, las bacterias y los hongos han sido evaluados como agentes de control, con resultados prometedores. Es necesario aumentar y diversificar la fauna benéfica de *P. praelonga* con el fin de sustituir el uso de insecticidas. La práctica actual del control químico no es recomendable porque es ineficaz, perjudicial a la salud humana y al medioambiente, y es costosa.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) llevaron a cabo una investiga-

ción sobre estrategias de manejo de plagas para el control de esta importante plaga de los cítricos. En su área de distribución natural, por lo menos en Colombia, la ortezia de los cítricos parece ser controlada por varios enemigos naturales, incluyendo una especie no identificada de Hyperaspidae (Coleoptera: Coccinellidae); *Ambracius dufouri* y *Proba vittiscutis* (Hemiptera: Miridae); *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), y una especie de mosca identificada como Drosophilidae cuyas larvas se alimentan de los huevos de *P. praelonga*²⁶. Sin embargo, el uso común de productos de síntesis química, a menudo resulta en el desequilibrio ecológico de *P. praelonga* y sus enemigos naturales, con presencia en brotes poblacionales de esta plaga. Para el control de la ortezia de los cítricos, se recomienda una estrategia de manejo integrado de plagas que combina el uso de jabones, insecticidas, aceites, y métodos de control cultural y biológico.

Control cultural

El mantenimiento óptimo de los árboles en aspectos relacionados con manejo de malezas, plateos, fertilización, riegos, podas, etc. servirá de estrategia para lograr el desarrollo de árboles vigorosos y sanos, situación que favorece la implementación de un programa de manejo integrado de plagas que afectan los cítricos. Las inspecciones permanentes al huerto para detectar la presencia de las primeras colonias de *P. praelonga* y, por ende, de los focos, facilitará el manejo oportuno de la plaga y evitará su dispersión y daño generalizado. Entre las estrategias de manejo integrado de plagas, el control cultural puede reducir y en algunos casos erradicar la ortezia de los cítricos si la infestación se encuentra en sus primeras etapas²³. Las prácticas culturales recomendadas para el control de *P. praelonga* incluyen las siguientes: (1) la eliminación de malezas alrededor de los árboles infestados, (2) poda y destrucción de ramas infestadas y material vegetal muerto, (3) fertilización de las plantas con minerales y fertilizantes orgánicos para aumentar la resistencia de las plantas, (4) la eliminación de plantas y hierbas que sirven como reservorios de la plaga en el interior o alrededor del huerto, y (5) la cosecha de fruta infestada sólo después de cosechar la fruta sana para evitar la dispersión de la plaga a otros lugares.

Control mecánico

Cuando hay pequeñas fuentes de infestación de *P. praelonga*, estas pueden ser destruidas de forma manual. Con el fin de lograr un buen control con este método, las inspecciones frecuentes y meticulosas deben llevarse

a cabo en la plantación, revisando con atención las ramas y hojas para detectar infestaciones incipientes de la plaga y luego destruirlas. Al realizar la inspección manual de forma periódica, es posible prevenir la dispersión de la plaga en el huerto.

Cuarentena, detección e identificación

La ortezia de los cítricos puede ser difícil de detectar en inspecciones de cuarentena debido a su tamaño relativamente pequeño (sobre todo las ninfas) y su naturaleza sésil. *Praelongorthezia praelonga* puede confundirse con otras especies de ortézidos, como la cochinilla blanca menor de los cítricos *I. insignis*. En este capítulo se presenta una clave práctica para la identificación en campo de las dos especies de ortézidos reportadas como plagas de cítricos en Colombia. En otros países, incluyendo Guatemala y Perú, se ha reportado otra especie de ortézido, *Insignorthezia pseudinsignis* (Morrison) sobre cítricos; por lo tanto, la clave en este trabajo tiene que ser usada con cautela. La identificación precisa de los insectos escama requiere un examen detallado de las características microscópicas de las hembras adultas jóvenes por un taxónomo experto del grupo o una persona capacitada. Existen claves taxonómicas e ilustraciones para la identificación de miembros de la familia Ortheziidae por Kozar¹⁵ y Morrison^{27, 28}.

Conclusiones

En Colombia hay reportadas 31 especies en seis familias de insectos escama en cítricos. La especie más importante a nivel nacional es la ortezia de los cítricos *P. praelonga* (familia Ortheziidae), la cual ocasiona daños directos debido a la succión de la sabia que debilita la planta, e indirecto debido a la fumagina que crece sobre la miel de rocío que excreta, causando un daño cosmético y disminuyendo la tasa fotosintética de la planta. Otro insecto escama común en los cítricos es el piojo blanco de los cítricos, *Unaspis citri* (familia Diaspididae). Hay muchas otras especies que pueden encontrarse causando daños como *C. hesperidum*, *C. viridis* (familia Coccidae), *Lepidosaphes* spp., *Parlatoria* spp. y *Pinnaaspis* sp. (familia Diaspididae), entre otras. Hay una gran cantidad de enemigos naturales que controlan los insectos escama en el campo, sin embargo, estos insectos pueden convertirse en plagas cuando el balance ecológico entre el insecto escama y sus enemigos naturales se daña debido a varios factores, entre ellos bióticos y abióticos, y por el uso indiscriminado de pesticidas. Se recomienda un manejo integrado de plagas, que combine méto-

dos amigables con el medio ambiente, teniendo en cuenta la preservación de la fauna benéfica y la baja residualidad de pesticidas en los productos.

Agradecimientos

Los estudios por los Drs. F. Kozár y Éva Szita fueron financiados por OTKA Grant No 75889. Se le agradece al Dr. Antoine Kiyindou por información sobre la distribución de *P. praelonga* en África. Agradecimientos especiales a los Drs. Penny Gullan y Douglas Williams por una revisión del texto original y por sus valiosos comentarios.

Referencias bibliográficas

1. GULLAN, P. J. & MARTIN, J. H. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids and scale insects). In: Resh, V.H. and Cardé, R.T. (eds), *Encyclopedia of Insects*. 2nd ed. San Diego: Elsevier, 2009. p. 957–967.
2. GULLAN, P. J. & COOK, L. G. Phylogeny and higher classification of the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). In: Zhang, Z.-Q. & Shear, W.A. (eds), *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy*. *Zootaxa*. 2007. 1668: 413–425.
3. BEN-DOV, Y.; MILLER, D. R. & GIBSON, G.A.P. ScaleNet: a database of the scale insects of the world. [Online] 2011. Available from: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>
4. KONDO, T. The Scale Insects of Colombia (Hemiptera: Coccoidea). En: *Biota Colombiana*. 2001. Vol. 2, No. 1. p. 31–48.
5. _____. *Ceroplastes rubens* Maskell (Hemiptera: Coccidae), a new coccid record for Colombia. En: *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*. 2008. Vol. 9, No. 1. p. 66–68.
6. _____. Taxonomic review of the myrmecophilous, meliponiphilous and rhizophilous soft scale genus *Cryptostigma* Ferris (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). En: *Zootaxa*. 2010. 72 p.
7. _____. Description of a new coccid (Hemiptera, Coccidae) on avocado (*Persea americana* Mill.) from Colombia, South America. En: *ZooKeys*. 2010. Vol. 42. p. 37–45.
8. _____. Transfer of the myrmecophilous soft scale insect *Neolecanium amazonensis* Foldi to *Foldilecanium* gen. nov. (Hemiptera: Coccidae), with description of a new species from Colombia. Kondo, T. En: *Insecta Mundi* 0167. 2011. p. 1–10.

9. KONDO, T. & GULLAN P. J. A new species of *Austrotachardiella* Chamberlin on guava in Colombia (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae), with a revised key to the species of the genus. En: Neotropical Entomology. 2005. Vol. 34, No. 3. p. 395–401.
10. _____. Synonymy of *Plotococcus* Miller & Denno with *Leptococcus* Reyne, and description of a new species from Colombia (Hemiptera: Pseudococcidae). En: Neotropical Entomology. 2008. Vol. 37, No. 1. p. 51–57.
11. KONDO, T. & UNRUH, C. A New Pest Species of *Crypticerya* Cockerell (Hemiptera: Monophlebidae) from Colombia, with a Key to Species of the Tribe Iceryini Found in South America. En: Neotropical Entomology. 2009. Vol. 38, No. 1. p. 92–100.
12. KONDO, T. & WILLIAMS, M. L. A new species of myrmecophilous soft scale insect from Colombia in the genus *Akermes* Cockerell (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). En: Revista Colombiana de Entomología. 2004. Vol. 30, No. 2. p. 137–141.
13. KONDO, T.; RAMOS-PORTILLA, A. A. & VERGARA-NAVARRO, E. V. Updated list of mealybugs and putoids from Colombia (Hemiptera: Pseudococcidae and Putoidae). En: Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 2008. Vol. 9, No. 1. p. 29–53.
14. POSADA, L. O. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 4ª ed., Bogotá. Boletín Técnico 43. Instituto Colombiano Agropecuario. 1989. 662 p.
15. KOZÁR, Ferenc. *Ortheziidae* of the World. Budapest, Hungary: Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, 2004. 525 p.
16. KOTEJA, J. Scale insects (Hemiptera: Coccinea) from Cretaceous Myanmar (Burmese) amber. En: Journal of Systematic Palaeontology. 2004. Vol 2, No. 2. p. 109–114.
17. CASSINO, P.C.; LIMA, A.F & RACCA, Filho, F. *Orthezia praelonga* Douglas, 1891 em plantas citricas no Brasil (Homoptera, Ortheziidae). En: Arquivos da Universidade Federal Rural (Rio de Janeiro), Brazil, 1991. Vol. 14, No. 1. p. 35–57.
18. MATILE-FERRERO, D. & ÉTIENNE, J. Cochenilles des Antilles françaises et quelques autres îles des Caraïbes [Hemiptera, Coccoidea]. En: Revue Française d'Entomologie. 2006. Vol. 28. p. 161–190.
19. PRATES, H.S. & PINTO, W. B. *Orthezia*: uma praga potencial. Casa da Agricultura. 1987. Vol. 9, No. 6. p. 16–19.
20. LIMA, A. F. Bioecologia de *Orthezia praelonga* Douglas, 1891 (Homoptera, Ortheziidae). MSc thesis, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba. 1981.

21. NEVES, A. D.; HADDAD, M.; ZÉRIO, N. G. and POSTALI PARRA, J. R. Exigências térmicas e estimativas do número de gerações de ortezia dos citros criadas em limão cravo. En: Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, Brazil, 2010. Vol. 45, No. 8. p. 791-796.
22. RESTREPO G. H.; OCHOA L. P.; LEÓN M. G. y DE LA CRUZ, T. Ciclo de vida y hábitos de *Orthezia* sp., plaga de cítricos. En: Resúmenes XVIII Congreso Socolen, Santafé de Bogotá, 1991. p. 23.
23. CARVALHO R. S. Controle integrado da Ortezia em pomares e hortos comerciais. En: *Embrapa Circular Técnica*. 2006. No. 82. p. 6.
24. GONÇALVES, C. R. Perspectivas de combate biológico das principais pragas das plantas cultivadas na baixada Fluminense. *Boletim do Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícolas*. En: Anais Simpósio Brasileiro sobre Combate Biológico, 1º. Rio de Janeiro, Brazil, 1962. p. 73-76.
25. GONÇALVES, C. R. Procedimento da *Orthezia praelonga* na Baixada Fluminense e seu combate racional. *Boletim do Campo*, Brazil. 1963. Vol. 19, No. 166. p. 12-15.
26. VELÁSQUEZ V. H.; NUÑEZ, B. & GARCÍA, R. F. Avances en el reconocimiento y evaluación de agentes benéficos de *Orthezia praelonga* Douglas. En: Proceedings XIX Congress of Socolen. Manizales, Colombia, 1992. p. 15.
27. MORRISON, H. Classification of scale insects of the subfamily Ortheziinae. En: *Journal of Agricultural Research*. 1925. Vol. 30. p. 97-154.
28. MORRISON, H. Classification of the Ortheziidae. Supplement to "Classification of scale insects of the subfamily Ortheziinae. En: United States Department of Agriculture Technical Bulletin. 1952. No. 1052. p. 1-80.

La normativa y los estándares de calidad como garantía de competitividad

Sandra Milena Vásquez Mejía*

Claudio Jiménez Cartagena**

Resumen

El presente capítulo tiene como propósito referenciar la normativa y los sistemas de gestión de calidad (SGC) aplicables al sector de cítricos de Colombia y de países de intercambio comercial; además, se ilustran las exigencias que se hacen a las empresas productoras y procesadoras de jugos cítricos (zumos), y relaciona esa normativa con la aplicación de la trazabilidad, el monitoreo de los límites máximos de residuos (LMR) y el acceso a mercados internacionales como requisitos básicos de la competitividad. A partir de este panorama, se pretende revisar e identificar las dificultades actuales del sector y sus oportunidades.

Palabras clave: cítricos, trazabilidad, gestión de la calidad, límites máximos de residualidad.

Regulation and quality standards as a competitiveness guarantee

Abstract

This chapter aims to provide a reference of the regulations and the quality management systems applicable to the citrus' sector in Colombia and in countries with which there is a commercial trade. Also, the demands made to citrus juices producers and processors are

* Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Decana Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Corporación Universitaria Lasallista. Integrante del Grupo de Investigación en Producción, Desarrollo y Transformación Agropecuaria.

** Doctor en Ingeniería. Magíster en Ciencias Básicas Biomédicas. Docente y director de Grupo de Investigación Aplicada al Medioambiente –GAMA– Corporación Universitaria Lasallista.

Correspondencia:
Sandra Milena Vásquez Mejía
savasquez@lasallista.edu.co
Claudio Jiménez Cartagena
clajimenez@lasallistadocentes.edu.co

shown and the regulations are correlated with the traceability, the monitoring of the maximum waste limits and the access to international markets as basic requirements for competitiveness. From that scope, the idea is to revise and identify the current difficulties the sector has, and its opportunities.

Key words: citrus, traceability, quality management, maximum waste limits.

Introducción

Las empresas del sector agroindustrial requieren de arduos y constantes esfuerzos para mantenerse competitivas. Uno de sus retos actuales es presentar en los mercados internacionales productos y procesos empresariales diferenciados e innovadores para sus consumidores, que incrementen su valor económico y su reconocimiento¹. Esta necesidad de ofrecer productos diferenciados genera cambios importantes en la forma como las empresas del sector agroalimentario se comunican, producen, agregan valor a los productos e interpretan las necesidades de sus clientes; de esta forma, se ven obligadas a implementar sistemas de gestión de calidad (SGC) que permitan no solo controlar la calidad del producto y del proceso sino también gestionar la empresa para un desarrollo en los ámbitos comerciales y administrativos, garantizando su competitividad en el tiempo.

Contexto de la calidad en el sector agroalimentario

La calidad agroalimentaria juega un papel fundamental en la comercialización y se convierte en un instrumento estratégico para mejorar las utilidades de los empresarios del sector. La complejidad de los procesos de producción agrícola y la necesidad de las empresas de dar valor agregado a sus productos y servicios obligan a los empresarios a usar procedimientos de normalización y control de calidad en lo referente tanto al producto como a los procesos.

El concepto de calidad es de difícil definición en el ámbito agroalimentario porque encierra numerosos requisitos tanto desde los clientes como desde la legislación. Algunos autores han definido la calidad agroalimentaria como un juicio de tipo multivariable emitido por el consumidor, es decir, es una ordenación de preferencias de varias marcas o productos que cumplen sus expectativas². Por su parte, la norma ISO 8402 define la calidad como un conjunto de propiedades y carac-

terísticas de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades expresas o implícitas. Lo cierto es que, actualmente, la calidad debe ser percibida desde varios aspectos empresariales para satisfacer las necesidades de los clientes; es así como hablamos de cumplimiento de las necesidades y expectativas de los consumidores (valor nutricional, grado de conservación, características sensoriales, características físico/químicas, servicio, precio, aptitud, entre otras) y del cumplimiento de normativa, higiene y seguridad (inocuidad e idoneidad).

Según lo anterior, cada producto derivado del sector agroalimentario, entre ellos los cítricos y productos obtenidos a partir de estos, debe cumplir unos requisitos para poder ser comercializados con éxito, y acatar la legislación para ser aceptados por los clientes.

Normativa para la producción, transformación y comercialización de cítricos

Las normas de calidad que regulan la actividad agroalimentaria pueden clasificarse en tres grandes grupos:

Las normas de derecho alimentario, que incluyen disposiciones para proteger la salud del consumidor. En los últimos años, el mercado de alimentos, en general, y los consumidores, en particular, han adoptado una política proteccionista en sentido de velar por su salud a partir de la calidad de los alimentos que consumen y dentro de esta política, en forma implícita pero esencial, la inocuidad se refleja como principio fundamental para el consumo. Este aspecto también ha sido considerado por diferentes instituciones y entidades privadas y gubernamentales que, sumadas a mercados globales, ven en la inocuidad de alimentos un objetivo indispensable para el expendio de productos seguros y que no afecten la salud de los consumidores³. En este sentido se han creado normas internacionales y nacionales para garantizar la inocuidad de los alimentos como las buenas prácticas de manufactura (BPM) reglamentadas en cada país acogiéndose a las consideraciones del *Codex Alimentarius*.

Las normas comunes de comercialización, que tienen como objetivo eliminar del mercado productos con calidad deficiente y facilitar los intercambios intracomunitarios, teniendo en cuenta la evolución del mercado y de las prácticas comerciales. Estas normas pretenden mejorar la calidad de los productos, facilitando así su comercialización, tanto en beneficio de los productores como de los consumidores.

Las normas ambientales, que procuran dar buen uso a los recursos ambientales tanto en su adecuada utilización como en la recuperación de materiales de empaque y el control de las aguas residuales buscando un equilibrio entre la reducción de los impactos en el medioambiente y la rentabilidad de la empresa. Asimismo, la normativa medioambiental busca que las empresas agroalimentarias hagan una declaración de respeto a la naturaleza y a la sociedad, considerando estas relaciones de armonía como la base para un desarrollo empresarial sostenible. Específicamente las normas ISO 14000 orientan la gestión de las empresas, en aquella faceta que relaciona a la organización con su entorno⁴.

Muchas de estas normas son creadas teniendo como referente las normas del codex alimentarius. La comisión del codex alimentarius fue creada en 1960 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para convertirse en un punto de referencia mundial para los consumidores, los productores y elaboradores de alimentos, los organismos nacionales de control de los alimentos y el comercio alimentario internacional. Su repercusión sobre el modo de pensar de quienes intervienen en la producción y elaboración de alimentos y quienes los consumen ha sido enorme. Su influencia se extiende a todos los continentes y su contribución a la protección de la salud de los consumidores y a la garantía de unas prácticas equitativas en el comercio alimentario es incalculable⁵.

El Codex Alimentarius brinda a todos los países la oportunidad de unirse a la comunidad internacional para concertar las normas alimentarias y participar en su aplicación a escala mundial, y se considera el punto internacional de referencia más importante para los adelantos asociados con las normas alimentarias.

Legislación Internacional para la producción, transformación y comercialización de cítricos

Como se mencionó anteriormente, la seguridad en el consumo de alimentos es un tema de fundamental importancia para todos los países, razón por la cual varios departamentos y agencias gubernamentales han desarrollado una extensa red de legislación y de procedimientos encaminados a mejorar la calidad de los productos ofrecidos al consumidor. La legislación en alimentos es desarrollada y aplicada por distintas dependencias gubernamentales en cada país.

En lo que corresponde al sector agropecuario en los Estados Unidos, el responsable directo es Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la Agencia para la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA), encargados de velar por la seguridad en el consumo de todos los alimentos, cosméticos, medicamentos, y productos biológicos, y radiológicos, y vigilar el cumplimiento de la Ley contra el Bioterrorismo, cuyo objetivo es prevenir la contaminación de alimentos, productos animales, vegetales y medicamentos.

En la **tabla 1** se presenta un resumen de las principales actividades de cada una de estas agencias de control.

Tabla 1. Principales actividades de las agencias de control Sanitario en los EEUU

Agencia	Siglas	Adscrita a	Actividades	Programa
Servicio de Inspección Sanidad Animal y Vegetal	APHIS	USDA	Regular la importación y exportación de plantas, animales y ciertos productos agropecuarios,	PPQ
Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos	FSIS	USDA	Garantizar la seguridad en el consumo de productos cárnicos	HACCP
Servicio de Inspección Federal de Granos	FGIS	USDA	Desarrollar estándares de calidad y procedimientos para la comercialización interna y externa de granos	
Servicio de Comercialización Agrícola	AMS	USDA	Asegurar la calidad de los alimentos ofrecidos a los consumidores así como las prácticas comerciales justas.	
Centro para la Seguridad Alimentaria y la Nutrición Aplicada	CFSAN	FDA	Encargada de asegurar que los alimentos sean seguros, nutritivos y saludables, así como que sean correctamente etiquetados.	HACCP
Agencia de Protección Ambiental	EPA	FDA	Coordina la acción gubernamental a favor del medio ambiente y regulación de pesticidas.	

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

HACCP: Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control

PPQ: Programa de Protección y Cuarentena Vegetal.

Fuente: Recopilación propia

Las agencias mencionadas han desarrollado numerosos instrumentos legales:

- Federal Food, Drug and Cosmetic Act (Ley Federal de Alimentos, Drogas y Cosméticos)

- Animal Welfare Act (Ley de Protección de los Animales)
- Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Raticidas)
- Federal Seed Act (Ley Federal de Semillas)
- Plant Protection Act (Ley de Protección Vegetal)
- Federal Meat Inspection Act (Ley Federal de Inspección de Carnes)⁶

En Europa, la legislación aplicable al sector de alimentos es muy amplia. La asociación de industrias de jugos y néctares de frutas y vegetales de la Comunidad Económica Europea publicó en 1993 una compilación de prácticas para la elaboración de jugos de frutas y vegetales⁷, y posteriormente la comisión del Codex Alimentarius publicó en 2005 la Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de fruta⁸ en la cual se dan las definiciones de cada producto, se definen los factores esenciales de composición y calidad, los aditivos permitidos durante la elaboración, los contaminantes, la higiene y las normas de etiquetado.

Asimismo, el Codex publicó en 1993 la norma para muestreo de residuos de plaguicidas que permite realizar un control sobre los productos agroindustriales como los cítricos para evitar la presencia de pesticidas⁹ y actualmente existe una base de datos en línea sobre los residuos de plaguicidas en los alimentos en la cual se puede consultar la lista de plaguicidas, clases funcionales, los LMR del Codex para los plaguicidas y los límites máximos para residuos extraños (LMRE) adoptados por la Comisión del Codex Alimentarius¹⁰.

Otras normativas europeas vigentes sobre seguridad alimentaria son:

- Reglamento del Parlamento Europeo (CE) 178/2002 y del consejo de 28 de enero de 2002. Por el que se establecen los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria, y se crea la autoridad europea de seguridad alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.
- Real Decreto 1801 de 2003 sobre seguridad general de los productos (B. O. E 10.01.2004).
- Reglamento del parlamento Europeo (C. E.) N° 852 de 2004 y del consejo de 29 de abril de 2004. Referente a las normas específicas de higiene de alimentos.
- Reglamento del Parlamento Europeo (CE) 2073/2005, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.

- Reglamento (CE) 1799/2001 del 12 de septiembre de 2001 por el que se establecen las normas de comercialización de los cítricos.

Como se puede observar, muchos países han desarrollado legislaciones rigurosas sobre los productos agroalimentarios. Estas regulaciones cubren por supuesto la producción de frutas, el procesamiento, la composición de los jugos de frutas y el etiquetado. Aunque continuamente se busca la forma de armonizar la legislación entre diferentes bloques comerciales para facilitar la producción y el comercio de jugo, todavía existen diferencias significativas entre las regulaciones. Por ejemplo: en la Unión Europea (EU) y la mayoría de otros países, el término de jugo de naranja es usado solo para el jugo extraído de naranjas dulces de la variedad citrus sinensis, mientras que en los Estados Unidos de America (USA) se permite hasta un 10% de mandarina o híbridos de mandarina /naranja¹¹.

Normativa nacional para la producción, transformación y comercialización de cítricos

Como en muchos países, en Colombia la empresa agroalimentaria es intervenida por parte del gobierno nacional con la finalidad de garantizar aspectos básicos como la salud y la correcta información al consumidor. El Ministerio de la Protección Social es el organismo gubernamental encargado de crear diversas normas de obligatorio cumplimiento para los alimentos y delega al Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y al Instituto Colombiano agropecuario (ICA) para la vigilancia y control de estas.

En el país, se establecieron cinco documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social-CONPES orientados a garantizar la política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para las cadenas de carne bovina y leche, aves y porcinos, frutas y otros vegetales. Los anteriores documentos han permitido fortalecer las entidades sanitarias del país y consolidar el sistema de medidas sanitarias y fitosanitarias a través de una adecuada definición de competencias, del mejoramiento de su capacidad científica, técnica y administrativa, y una eficiente coordinación interinstitucional, para garantizar técnicamente los requerimientos del comercio internacional.

Los documentos CONPES, están enmarcados dentro del plan nacional de desarrollo; el documento CONPES 3375 orienta la información básica relacionada con el sector cítrico y contiene los lineamientos que permitirán mejorar sus condiciones fitosanitarias y la inocuidad de la producción horto-

frutícola con el fin de proteger la salud y la vida de las personas, aumentar la competitividad y fortalecer la capacidad para introducir los productos en los mercados internacionales.

Básicamente, el sistema nacional de medidas sanitarias y fitosanitarias acompaña el proceso de introducción de un producto nacional en los mercados internacionales mediante los servicios de inspección, vigilancia y control sanitario del ICA y del INVIMA. Cabe destacar que la política no solo está orientada a satisfacer la necesidad del comercio internacional, sino que, adicionalmente, pretende proteger la salud y la vida de los consumidores, fortalecer los procesos de inspección, vigilancia y control como estrategia de mejoramiento continuo, usar adecuada y responsablemente los insumos agrícolas y mejorar la competitividad del país en cuanto a residuos de plaguicidas y otros contaminantes, entre otros. El ICA para el 2008 ejecutó el plan nacional para el control y la erradicación de la mosca de la fruta, y para el 2012 tiene por meta establecer 5 áreas de baja prevalencia de plagas. De igual forma, se propuso un plan a 4 años para el establecimiento de LMR de plaguicidas, para 6 tipos de frutas y otros vegetales; sin embargo, para diciembre de 2009 se esperaba que el país contara con un sistema de inspección, vigilancia y control para plaguicidas, fortalecido para las etapas de producción, transporte, comercialización y uso responsable de plaguicidas, fertilizantes y bioinsumos; pero aún su funcionalidad es limitada.

En el mismo sentido, desde el año 1997 la legislación colombiana ha buscado mejorar las condiciones de procesamiento y distribución de los alimentos estableciendo los siguientes decretos y resoluciones que aplican para los alimentos, incluidos los cítricos, jugos y derivados de cítricos que se producen, transforman y comercializan en el país:

Decreto 3075 de 1997¹²: en el cual se determinan las condiciones básicas de higiene en la fabricación de alimentos, estableciendo la aplicación de las BPM, entendidas como los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, fabricación, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos para consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción.

La aplicación del decreto genera transformaciones profundas en las empresas actuales de alimentos las cuales deben cumplir con condiciones específicas que garanticen la inocuidad de los alimentos mediante requisitos de las instalaciones, los equipos y utensilios, el personal manipulador, las condiciones de

fabricación, la aplicación de programas de saneamiento básico, de programas complementarios y de un sistema de aseguramiento y control de la calidad. Además, este decreto establece los parámetros para la vigilancia y control de las plantas de alimentos por parte del INVIMA, la obtención del registro sanitario y las condiciones básicas de importación y exportación de alimentos. Finalmente, el decreto se refiere a las medidas sanitarias de seguridad y a las sanciones a las empresas que no cumplen con lo estipulado en él.

La mayor ventaja en la aplicación de las BPM es la estandarización de todos los procedimientos relacionados con la manipulación de alimentos bajo condiciones inocuas para evitar la contaminación de estos y crear registros que, usados de forma pertinente, permitan conocer el comportamiento de los procesos, los consumos de materias primas e insumos, el control de los proveedores, el monitoreo constante de los manipuladores, además de tener un soporte documentado que respalde todas las actividades de las plantas procesadoras y evidencie su compromiso por ofrecer productos seguros.

Resolución 7992 de 1991¹³: Por la cual se reglamenta la elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas azucaradas y refrescos de frutas. Esta reglamentación abarca todo lo referente a las características físicas, químicas, microbiológicas de los productos mencionados, permite diferenciar unos productos de otros según estas características y el contenido de fruta en el producto final y, finalmente, hace claridades importantes sobre el rotulado y vida útil aproximada de estos alimentos. Los productores de jugos de fruta pueden consultar esta normativa para establecer los parámetros mínimos de sus productos y asegurarse de que los cumplan.

Los parámetros monitoreados para las frutas en esta resolución son similares a los propuestos por otros investigadores¹⁴ para monitorear la calidad de los cítricos y también coinciden con los propuestos por el codex para los jugos de frutas¹⁵.

Decreto 60 de 2002¹⁶, en el cual se promueve la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (HACCP)* en las fábricas de alimentos, y se reglamenta el proceso de certificación. Este es un sistema que identifica, evalúa y controla los peligros que son significativos para la inocuidad de los alimentos¹⁷. Adicionalmente, el sistema ofrece un enfoque documentado y verificable para la identificación de peligros,

* HACCP: de su sigla en inglés "hazard analysis and critical control points". En español significa análisis de peligros y puntos críticos de control

medidas preventivas, y control de estos en puntos determinados, para la puesta en marcha de un sistema de monitoreo; se enfoca en riesgos físicos, químicos y microbiológicos que pueden contaminar el alimento y se realiza sistemáticamente sobre cada materia prima, cada insumo adquirido y cada etapa del proceso productivo¹⁸.

El sistema HACCP puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor final, y su aplicación deberá basarse en pruebas científicas de peligros para la salud humana. Además de mejorar la inocuidad de los alimentos, la aplicación del sistema de HACCP puede ofrecer otras ventajas significativas como facilitar la inspección por parte de las autoridades y promover el comercio internacional al aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos¹⁹.

Cada vez, es mayor la necesidad del sector agroalimentario y del gobierno de integrar la legislación y los alimentos a los programas de garantía de calidad, usando o proponiendo el sistema HACCP como un sistema de aseguramiento de la calidad aplicable a todas las cadenas alimentarias, para eliminar los vacíos y debilidades que se encuentran en los sistemas de monitoreo y control de los productos^{20, 21}.

En Colombia, para el año 1991, el Codex Alimentarius promovió la implementación del sistema HACCP, con el objetivo de garantizar la inocuidad de los alimentos²² y en el año 2002 con la publicación del Decreto 60²³ se empieza a promover su aplicación como sistema de aseguramiento de la inocuidad. Actualmente, su aplicación es de obligatorio cumplimiento en las empresas del sector cárnico, lácteo y pesquero del país. La aplicación del sistema HACCP requiere la previa implementación de las BPM y su mayor dificultad radica en el mantenimiento adecuado de los procedimientos operativos estándar de saneamiento (POES), en la falta de experiencia para identificar los puntos críticos de control (PCC) y en la adecuada detección de las desviaciones presentadas en los mismos.

Teniendo en cuenta que en todos los procesos de producción se presentan variaciones inevitables ya sea por fallas en los equipos, cambios en el ambiente, cambios de personal o de las formulaciones del producto, se puede concluir que la efectividad del control en los PCC del sistema HACCP dependerá de la fiabilidad y exactitud del sistema de vigilancia acoplado y si hay equipos de control o monitoreo poco sensibles y se presentan desviaciones del proceso no detectadas, puede verse afectada en gran medida la seguridad de los alimentos que se procesan²⁴.

Las empresas pioneras en la implementación de HACCP en Colombia son aquellas dedicadas a la exportación; sus mayores costos son los tiempos requeridos por el personal para la documentación del sistema y las pruebas microbiológicas para poder evidenciar que los controles son adecuados. El mayor beneficio de este sistema de inocuidad es la disminución de recuentos microbianos en los productos que están directamente relacionados con su deterioro y contaminación²⁵; además, el HACCP al igual que otros sistemas de gestión de la calidad (SGC), se ajusta a muchas exigencias de países europeos y norteamericanos y es compatible con las normas ISO por lo que se puede implementar de forma conjunta.

El sistema HACCP se convierte, entonces, en una estrategia competitiva para las empresas del sector citrícola que quieran garantizar la seguridad de los alimentos producidos y procesados, y que pretendan exportar.

Resoluciones de Etiquetado: con el compromiso de mantener informado al consumidor sobre la composición de los alimentos y sus aportes nutricionales y prevenir prácticas que puedan inducir a error a los consumidores, Colombia se ha acogido a la normativa internacional y a algunos acuerdos comerciales como el “Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio”²⁶. Para su aplicación en el país, el Ministerio de la Protección Social ha establecido la Resolución 5109 de 2005²⁷ en la cual se fijan los requisitos de rotulado o etiquetado general que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano, y la Resolución 0333 de 2011²⁸ en la cual se determinan los requisitos de rotulado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano.

Normas comunes de comercialización, aplicadas en los ámbitos nacional e internacional:

Es necesario precisar que en la actualidad la legislación alimentaria ha dejado de ser el único referente de calidad para los productos agroalimentarios; también se deben tener en cuenta las normas exigidas por el cliente para el consumo y la comercialización de ciertos productos, es decir, la legislación de calidad hace referencia a los estándares máximos y mínimos que debe cumplir el producto; pero éstos no son el único referente para definir si un producto será aceptado en el mercado y si la empresa es competitiva, pues la gestión de la calidad de una empresa debe estar centrada en el consumidor.

Actualmente, toda empresa debe estar normalizada, es decir, debe establecer especificaciones y documentos que prescriban las exigencias con las cuales el producto, el servicio y la propia empresa deben estar conformes. Estas normas, al igual que las legales, también deberán ser verificadas y auditadas por la propia empresa y, en casos de certificación, requieren de una auditoría de terceros en la que se constate que las acciones de la organización se acercan a las políticas definidas en su sistema de gestión de calidad.

Dentro de las normas comunes aplicables internacionalmente al sector de cítricos y en general a la agroindustria en el mundo podemos mencionar:

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA):

Tanto en la producción primaria como en los procesos de transformación, pueden ser introducidos riesgos químicos, biológicos y físicos, que pueden deteriorar la inocuidad del producto final, es decir, la cualidad de no causar daño y afectar la salud de los consumidores.

Los principales peligros ligados a la producción primaria de alimentos de origen vegetal son los microorganismos patógenos y deteriorantes, las plagas, los residuos de plaguicidas, las micotoxinas, los metales pesados, los organismos genéticamente modificados y, en algunos casos, los adulterantes, todos ellos asociados al uso de agua contaminada, los abonos orgánicos y los trabajadores.

La reducción de estos riesgos supone una clara identificación y análisis de estos, así como de sus posibles fuentes y su impacto, con el fin de definir las mejores estrategias de prevención a aplicar. Para ello, se han desarrollado esquemas de BPA como sistemas de aseguramiento de la inocuidad, los cuales reúnen las condiciones y prácticas operativas recomendadas para asegurar la inocuidad, la protección ambiental y el bienestar de los trabajadores, con un enfoque preventivo aplicado a toda la cadena. Actualmente, la implementación de las BPA ha pasado de enfocarse solo en el producto final para abarcar aspectos de calidad empresarial como el control de las características del proceso, la sostenibilidad y bienestar de los trabajadores^{29, 30}.

En relación con la inocuidad y la protección ambiental, las BPA hacen especial énfasis en el control de los problemas fitosanitarios del cultivo bajo los principios del Manejo Integrado³¹. Las BPA se consideran como una forma específica de producir o procesar productos agropecuarios, cumpliendo con requerimientos específicos de producción limpia.

En el mismo sentido, la FAO ha desarrollado una serie de principios enfocados a aplicación de BPA referentes al uso del suelo, el agua, cultivos y producción forrajera, protección de las plantas, producción animal, cosecha, procesamiento y almacenamiento de explotaciones agrícolas, conservación de la energía y manejo de los desechos, bienestar, salud y protección de los trabajadores, flora y fauna silvestre³², orientando con estos principios a las empresas que quieren acogerse a la aplicación de estas normas.

Desde 2003 la FAO ha estado realizando una serie de estudios, consultas de expertos y actividades en los países relacionados con las BPA, concentrándose en el suministro de información, asistencia técnica y creación de capacidad para ayudar a que los países en desarrollo hagan frente a la globalización de los sistemas alimentarios y a la proliferación de normas sobre BPA. Para este fin, se han desarrollado una serie de documentos, políticas, estudios de antecedentes, manuales de capacitación y bases de datos que pueden encontrarse en la dirección de Internet: http://www.fao.org/prods/gap/resources/resources_es.htm

Para muchos países, principalmente en la EU, las BPA son una exigencia tácita que no tiene precedentes; es así, como GLOBAL GAP siendo un organismo privado que establece normas voluntarias para certificar productos agrícolas, se ha convertido en la organización más grande en el mundo, reconocida por la instauración de normas para los productos agropecuarios que se quieren comercializar en muchos mercados europeos. En este caso, vemos claramente cómo el consumidor y las organizaciones privadas destinadas a defender los derechos del cliente son quienes están imponiendo las reglas de comercialización, y la legislación se acomoda en muchos casos a estas reglas al reconocer la importancia de la salud del consumidor.

Sin duda alguna, el sistema de aseguramiento de la calidad e inocuidad mediante la aplicación de las BPA constituye el punto de partida con fines preventivos a lo largo de la cadena productiva para disminuir los riesgos químicos y biológicos en frutas y otros vegetales.

En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), a partir del año 2002, generó el plan nacional de implementación de BPA en coordinación con un grupo intergremial, que aún se encuentra en proceso de maduración. Sin embargo, en el país hay diferentes entidades que han soportado la implementación de las BPA. Instituciones como el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Asociación Hortifrutícola de Colombia (ASOHOFrucol), la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), la Gobernación de Cundinamarca y la Asociación Nacional de Comercio Exterior (ANALDEX), entre otras instituciones, iniciaron desde el año

2002 programas de apoyo a la producción de frutas exportables en Boyacá, Antioquia y Cundinamarca, para la implementación del protocolo EUREPGAP.

En Colombia, hasta la fecha, las BPA siguen siendo normas comunes de comercialización que cada vez se vuelven necesarias, pero que aún no son exigidas en todos los mercados. En la última década se ha puesto de manifiesto que los productos “Verdes” o ecológicos son una exigencia cada vez más clara de los consumidores, y las empresas del país que quieren permanecer competitivas deben acogerse a estos sistemas de producción limpia que garanticen la ausencia de riesgos químicos en los productos, como pesticidas y herbicidas.

En este sentido se vuelve cada vez más necesario establecer sistemas de monitoreo de LMR y se ha desarrollado gran información al respecto que ampliaremos a continuación:

Límite máximo para residuos de plaguicida: el límite máximo de residuos de plaguicidas es definido como la concentración máxima de residuos de un plaguicida (en mg/Kg), permitida legalmente para el uso en la superficie o en el interior del producto alimenticio destinado al consumo y de piensos de uso en animales. Los LMR tienen como objetivo lograr que los alimentos frescos o productos procesados sean toxicológicamente tolerables, con el fin de proteger la salud humana y animal; de igual manera, se constituyen en un documento oficial de los Estados miembros ante la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).

Los LMR están asociados a la aplicación de las BPA y son obtenidos mediante estimaciones efectuadas en las Reuniones Conjuntas FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR), después de obtener la evaluación toxicológica del plaguicida y su residuo, y el análisis de los datos de residuos obtenidos en ensayos y usos controlados. En el análisis se incluyen datos de ensayos para el peor de los casos, lo cual está asociado a la determinación de la concentración más elevada recomendada, autorizada o registrada en el país. Para que las variaciones introducidas en los requisitos nacionales de control de plagas, sean tenidas en cuenta, se debe incluir la ingesta diaria admisible (IDA) para garantizar que los alimentos que se ajustan a los LMR del Codex son seguros e inocuos para el consumo humano.

A continuación se definen los siguientes conceptos, resaltando su importancia:

Ingestión diaria admisible (IDA): la IDA de una sustancia química es la dosis diaria que, ingerida durante todo el período de vida, no genera riesgos apreciables para la salud del consumidor, a partir de la evaluación de la sustancia referenciada por JMPR; es expresada en miligramos de sustancia química por kilogramo de peso corporal³³.

Ingestión diaria tolerable provisional (IDTP): este valor es obtenido a partir de datos toxicológicos e incorpora la ingestión humana tolerable de un plaguicida utilizado previamente en la producción agrícola y que aparece como residuo en el alimento, en el agua potable y en el ambiente³⁴.

Ingestión diaria admisible temporal (IDAT): es entendida como la dosis de ingestión diaria admisible establecida para un tiempo específico, con objeto de obtener datos bioquímicos y toxicológicos, necesarios para estimar una IDA, y bajo la aplicación de un factor de seguridad más amplio.

Los límites máximos del Codex para residuos son indicadores del uso de plaguicidas de conformidad con las BPA, las cuales varían notablemente de una región a otra debido a la diversidad de plagas y a los procesos comerciales; adicionalmente, expresan la concentración de residuos inmediatamente después de la cosecha, y llegan a ser superior a los niveles de residuos que se encuentran registrados en los sistemas nacionales de vigilancia. Estos se establecen sólo cuando se tienen pruebas de inocuidad para los seres humanos.

La EU armonizó los LMR aplicables a los diferentes productos de alimentación humana o animal, y fijó un límite máximo aplicable por defecto; en el CE 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005, se fijaron las cantidades máximas autorizadas de residuos de plaguicidas que pueden encontrarse en los productos de origen animal o vegetal destinados al consumo humano o animal con el objetivo de garantizar que dichos residuos presentes en los alimentos no constituyan un riesgo inaceptable para la salud de los consumidores y los animales.

De igual forma, fuera de definir los límites específicos, se definió el límite por defecto de 0,01 mg/Kg para los casos en que no se haya fijado un LMR de forma específica para un producto o un tipo de producto. Es importante aclarar que existen productos para los que se definen límites provisionales, entre los cuales se destacan la miel o las infusiones, algunos productos fitosanitarios y los nuevos productos, teniendo en cuenta que es prohibido acudir a estrategias de dilución.

En el caso particular de que el producto de origen citrícola esté destinado a la obtención de principios activos fitoterapéuticos y en especial para fitosanitarios, las sustancias activas para su comercialización, de acuerdo con la Directiva de la Comunidad Económica Europea 91/414/CEE, deben someterse a una inspección para determinar el umbral límite por encima del cual su concentración en los productos alimenticios puede determinar riesgo para las personas o los animales. Cabe destacar que en la normativa previa a la Directiva 91/414/CE, cada país miembro definía sus propios límites máximos de contenido de plaguicidas

para cada tipo de producto: frutas y hortalizas (Directiva 76/895/CEE), cereales (Directiva 86/362/CEE), productos de origen animal (Directiva 86/363/CEE) y productos de origen vegetal, incluidas frutas y hortalizas (Directiva 90/642/CEE). En la **tabla 2** se muestran los LMR en mg/Kg vigentes para los cítricos de acuerdo con la normativa de la Unión Europea.

Tabla 2. Límites máximos de residuos de pesticidas (mg/Kg) y otros compuestos en cítricos para la Unión Europea

Plaguicida	LMR	Plaguicida	LMR	Plaguicida	LMR
2,4 D	1	Clofentezin	0,5	Fenarimol	0,02
Abamectina	0,01	Clormecuat	0,05	Fenzaquin	0,2
Acetamiprid	1	Clortal dimetil	0,01	Fenbuconazol	0,02
Acibenzolar S metil	0,02	Clortalonil	0,01	Fenbutatin oxido	5
Acrinatrín	0,02	Clortiamida	0,2	Fenhexamida	0,05
alfa-Cipermetrin	2	Daminozida	0,02	Fenmedifan	0,05
Aloxidim	0,01	Deltametrin	0,05	Fenotiocarb	5
Amitrol	0,01	Diazinon	0,01	Fenoxicarb	2
Anhidrido sulfuroso	0,2	Diclobenil	0,05	Fenpiroximato	0,3
Azinfos metil	0,05	Diclobutrazol	0,05	Fenpropatrín	2
Azoclotin (cihexatin)	0,2	Diclofluanida	5	Fenpropimorf	0,05
Azoxiestrobina	1	Dicloran	2	Fention	3
Benalaxil	0,05	Dicofol	2	Fentoato	1
Benomilo	0,5	Dietofencarb	0,05	Fenvalerato	0,02
Benzoximato	1	Difenamida	0,05	Flazasulfuron	0,02
Beta-ciflutrin	0,02	Difenilamina	0,05	Florasulam	0,01
Bifenilo	70	Difenoconazol	0,02	Flubenzimina	0,01
Bifentrín	0,1	Diflubenzuron	1	Fludioxonil	0,05
Bioresmetrin	0,1	Dimetoato	0,02	Flufenoxuron	0,3
Bitertanol	0,05	Dimetomorf	0,02	Fluquinconazol	0,05
Bromopropilato	2	Diniconazol	0,05	Flusilazol	0,01
Bromuro de metilo	0,05	Dinocap	0,1	tau-Fluvalinato	1
Bromuro inorganico	30	Ditianona	1	Folpet	0,02
Bupirimato	0,05	Ditiocarbamatos	5	Formetanato	0,05
Buprofezin	0,2	Diuron	0,3	Formotion	0,02
Butocarboxim	1	Dodina	0,2	Fosalon	2
Butralina	0,1	Endosulfan	0,05	Fosetil-Al	6
Captan	0,02	Espiroxamina	0,05	Fosmet	5

Carbaril	0,05	Etefon	0,05	Fostiazato	0,02
Carbendazima	0,5	Etiofencarb	1	Guazatina	5
Carbofurano	0,3	Etirimol	0,05	Hexaconazol	0,02
Ciazofamida	0,01	Etofenprox	1	Hexaflumuron	0,5
Cicloxidim	0,05	Etoxazol	0,1	Hexitiazox	1
Ciflutrin	0,02	Etoxiquina	0,05	Imazalil	5
Cihexatin	0,2	Etridiazol	0,05	Imidacloprid	1
Cimoxanilo	0,05	Etrimfos	0,5	Indoxacarb	0,02
Cipermetrin	2	Famoxadona	0,02	Iprovalicarb	0,05
Ciproconazol	0,01	Fenamidona	0,02	Isoxation	0,3
Ciprodinil	0,02	Fenamifos	0,02	Kresoxim-metil	0,05
Lufenuron	0,3	Piraclostrobina	1	Terbumetona	0,05
Malation	3	Pirafufen etil	0,02	CCl ₄	0,01
Mepanipirina	0,01	Pirazofos	0,01	Tetraclorvinfos	0,5
Mepicuat Cl	0,05	Piridaben	0,2	Tetraconazol	0,01
Metalaxil	0,5	Piridafention	2	Tetradifon	2
Metalaxil M	0,5	Pirifenox	0,05	Tiabendazol	5
Metamidofos	0,01	Primetanil	10	Tiacloprid	0,02
Metidation	2	Piriproxifen	0,05	Tiametoxam	0,05
Metiocarb	0,05	Procimidona	0,02	Tiazopir	0,02
Metoxifenocida	1	Procloraz	10	Tiofanato	0,1
Miclobutanilo	3	Profoxidim	0,05	Tiometon	0,5
Milbembectina	0,05	Promecarb	1	Tiram [0,1]	0,1
Nitrotal-isopropil	0,05	Propamocarb	0,1	Tolil fluánida	0,05
Norflurazona	0,1	Propargita	5	Triadimefon	0,1
Nuarimol	0,01	Propiconazol	0,05	Triadimenol	0,1
Ofurace	0,05	Quinmerac	0,1	Triclorfon	0,5
Ometoato	0,02	Quinoxifen	0,02	Tridemorf	0,05
Ortofenilfenol	12	Quizalofop etil	0,02	Trifloxiestrobina	0,3
Oxadixil	0,05	Resmetrin	0,1	Triflumizol	0,05
Oxamilo	0,01	Spinosad	0,02	Triflumuron	0,05
Oxina de cobre	0,5	CS ₂	0,05	Triforina	0,05
Paclobutrazol	0,02	Tebuconazol	0,05	Trimetilsulfonio	0,05
Penconazol	0,05	Tebufenocida	1	Vamidotion	0,05
Pimetrozina	0,3	Tebufenpirad	0,5	Vinclozolina	0,05
Piraclofos	1	Teftubenzuron	0,05	Zoxamida	0,02

Fuente: Recopilación propia

De igual forma, en la **tabla 3** se muestran los LMR para cítricos de acuerdo con USDA.

Tabla 3. Límites máximos de residuos de pesticidas (mg/Kg) y otros compuestos en cítricos para los Estados Unidos de América

Plaguicida	LMR	Plaguicida	LMR	Plaguicida	LMR
2,4 D	3	Diuron	1	Metalaxil	1
Acequinocil	0,2	EPTC	0,1	Metidation	1
Acetamiprid	0,5	Espinetoram	0,3	Napropamida	0,1
Avermectina b1	0,02	Espirodiclofen	0,5	Norflurazona	0,2
Azinfos metil	2	Etion	2	Orizalina	0,05
Azoxiestrobina	10	Fenazaquin	0,5	Ortofenilfenol	10
Benomilo	10	Fenbuconazol	1	Oxamilo	3
Bifentrin	0,05	Fenbutatin oxido	20	Paracuat	0,05
Bromacilo	0,1	Fenpiroximato	0,6	Pendimetalina	0,1
Buprofezin	2,5	Fenpropatrin	2	Piraclostrobina	2
Carbaril	10	Ferbam	4	Piridaben	0,5
Carfentrazona etil	0,1	Fludioxonil	10	Primetanil	10
HCN	50	Fluoridona	0,1	Piriproxifen	0,3
Ciflutrin	0,2	Fosetil-Al	5	Rimsulfuron	0,01
Clorpirifos	1	Fosmet [5]	5	Setoxidim	0,5
Criolita	7	Glifosato	0,5	Spinosad	0,3
Diazinon	0,7	Hexitiazox	0,35	Tebufenocida	0,8
Dicofol	6	Imazalil	10	Tiabendazol	10
Dicuat	0,02	Imidacloprid	0,7	Tiofanato de metilo	0,5
Dimetilamina sal	0,1	Lindano	0,5	Trifloxiestrobina	0,3
Dimetilamina jacinto	1	metanoarsonato	0,35	Trifloxisulfuron	0,03
				Trifluralina	0,05

Fuente: Recopilación propia

En Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) dispuso de la Norma Técnica Colombiana NTC 5400 y de algunas normas de aplicación a cítricos específicos (NTC 4085, 4086 Y 4087), sobre BPA para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas, y menciona los requisitos generales y procedimientos que sirven de orientación a los pequeños, medianos y grandes productores de estos cultivos. Esta NTC viene siendo

multiplicada por un trabajo conjunto entre el SENA y ASOHOFRUCOL en 24 departamentos en cultivos de frutas, hortalizas y hierbas aromáticas, con el objetivo de certificar productores para la implementación de éstas bajo el enfoque FAO/OMS, Global GAP, guía de minimización de riesgos USA, y otras específicas del mercado de interés.

A su vez, la Corporación Colombia Internacional (CCI) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) poseen un convenio que dio origen al proyecto “ColombiaGAP” que armonizan el protocolo GlobalGAP y su validación en Estados Unidos; se capacita a los trabajadores como multiplicadores de BPA e inocuidad como modelos piloto en BPA y trazabilidad, para dar cumplimiento con la NTC 5522 que también promueve las BPA y es la guía específica de trazabilidad en la cadena alimentaria para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas.

En Colombia, la mayoría de las empresas de cítricos seleccionan, clasifican, limpian y envasan los productos procesados, lo hacen de forma manual o semimanual, a través de mano de obra, lo que introduce altos riesgos de contaminación. Adicionalmente, se utilizan ceras, aceites y otras sustancias en poscosecha de cítricos, cuyo uso se encuentra en proceso de reglamentación. Dada la importancia que ha adquirido el tema de presencia de residuos de plaguicidas en alimentos, los Ministerios de Agricultura y de la Protección Social, siguiendo las directrices de política nacional y de los acuerdos internacionales en este tema, han adoptado mediante el Decreto 1843 de 1991 y la Resolución 2906 de 22 de agosto de 2007, los LMR de plaguicidas del *Codex alimentarius*. El país es aún deficiente en su capacidad tecnológica para la evaluación del riesgo en inocuidad y carece de metodologías para el establecimiento de LMR de plaguicidas en alimentos.

Para la evaluación de residuos, el país se dispone del Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas del ICA-LANIA, el Laboratorio de Residuos del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio y el laboratorio del grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación-GDCON de la Universidad de Antioquia acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) en ISO 17025.

Los datos de residuos en productos frutícolas, aunque escasos, permiten observar la deficiencia en los procesos de inspección y vigilancia de la inocuidad de las frutas, pero sobre todo en aspectos como la comercialización y el uso de los plaguicidas. En los últimos años hay reportes por parte de autoridades sanitarias

de países europeos sobre la detección de residuos de plaguicidas en fruta exportada desde Colombia por encima de los límites máximos permitidos, lo que conduce a medidas como la prohibición de la comercialización de lotes hasta el cierre de las importaciones. En la **tabla 4** se aprecian los compuestos objeto de inspección por la normativa colombiana en cítricos en general.

Tabla 4. Límites máximos de residuos de pesticidas (mg/Kg) y otros compuestos en cítricos según la normatividad Colombiana

Plaguicida	LMR	Plaguicida	LMR
2,4-d	1	haloxifop	0,05
2-fenilfenol	10	heptacloro	0,01
abamectin	0,01	hexitiazox 0.5	0,5
aldicarb	0,2	imazalil	5
aldrin y dieldrin	0,05	imidacloprid	1
bromopropilato	2	malation	7
bromuro	30	metalaxil	5
carbarilo	7	metomilo	1
cihexatin	2	oxamilo	5
cipermetrin	2	paraquat	0,02
clofentezina	0,5	permetrin	0,5
clorpirifos	1	piperonil butóxido	5
deltametrin	0,02	piraclostrobin	1
dicofol	5	piretrinas	0,05
diflubenzuron	0,5	pirimicarb	0,05
dimetoato	5	piriproxifen	0,5
fenbutatin óxido	5	procloraz	10
fention	2	propargita	3
fenvalerato	2	spinosad	0,3
fludioxonil	7	tebufenozida	2
fosmet	5	tiabendazol	10
glufosinato	0,1	trifloxistrobin	0,5

Fuente: Recopilación propia

Adicional a las BPA hay otras normas comunes de comercialización para alimentos que deben tenerse en cuenta en las empresas agroindustriales y específicamente en las empresas del sector cítrico.

Sistema British Retail Consortium (BRC)

El British Retail Consortium es una organización de comercio en el Reino Unido que representa los intereses de los detallistas y ha publicado el BRC-Estándar Global de Alimentos, que establece los estándares mínimos de higiene en plantas manufactureras de alimentos. Similar a lo establecido en las BPM, el BRC Estándar Global de Alimentos está diseñado para cualquier proveedor, sin importar productos o país de origen, que abastece productos alimenticios a los detallistas del Reino Unido. Su objetivo es garantizar la calidad y seguridad de los alimentos durante su elaboración, aplicables a las etapas posteriores a la producción primaria y la certificación. Esta norma permite el acceso a los mercados agroalimentarios en Reino Unido, Alemania, Francia e Italia, sin embargo, en el país pocas empresas agroindustriales la conocen y en el caso de las empresas citrícolas es aún mayor el desconocimiento de normas extranjeras para la comercialización perdiendo con ello oportunidades valiosas para el crecimiento empresarial.

Normas de la familia ISO

Con el objetivo de normalizar o estandarizar la calidad para todo tipo de producto o servicio, la organización de estándares Internacionales (ISO) genera normas comerciales y de gestión empresarial que logran crear un consenso entre los actores empresariales, comerciales y sociales. Estas normas se cumplen de forma voluntaria ya que la ISO, siendo una entidad no gubernamental, no cuenta con la autoridad para exigir su cumplimiento. Sin embargo, tal como ha ocurrido con los requisitos propuestos por Global GAP, estas normas pueden convertirse en un requerimiento para que una empresa se mantenga en una posición competitiva dentro del mercado.

La familia de normas ISO esta dividida en varias series, cada una con propósitos específicos que las empresas pueden aplicar dependiendo de sus necesidades e intereses. ISO ha desarrollado más de 18 500 normas internacionales³⁵. La serie 9000 se originó debido a la necesidad mundial de desarrollar una norma única para la operación y administración de los sistemas de aseguramiento de calidad^{36, 37}.

Algunas de estas normas permiten la emisión de un certificado del sistema de gestión de calidad (SGS) y otras son simplemente directrices y orientaciones para entender las series y para la mejora continua de las empresas (normas de apoyo orientadas a la administración).

La organización ISO realiza revisiones y actualizaciones de las normas con el fin de garantizar que sean viables y compatibles con los cambios continuos

de las empresas y del comercio; es así como en el año 2000 se publicó la tercera versión de la norma ISO 9001 como un único modelo que reemplaza las normas ISO 9001:1994, ISO 9002:1994 e ISO 9003:1994. Esta versión (2000) incorporó no solo un cambio en su nombre sino que hizo énfasis en la efectividad del SGC y el mejoramiento del desempeño de las organizaciones, evolucionando del concepto de “conformance” a “performance”, es decir, se evolucionó de demostrar el cumplimiento de requisitos al mejoramiento del desempeño de las organizaciones. La última revisión de la norma ISO 9001 fue en el año 2008 donde se publicó la cuarta edición. Esta edición 2008 no contiene requisitos adicionales, comparada con la del año 2000; solamente proporciona aclaraciones de los requisitos existentes e introduce cambios específicos con la intención de mejorar la coherencia con la norma de gestión ambiental ISO 14001:2004 para facilitar la integración de sistemas de gestión de calidad y sistemas de gestión ambiental.

En la **tabla 5**, se pueden apreciar algunas de las principales normas usadas, consultadas e implementadas en las empresas agroindustriales de Colombia:

Tabla 5. Normas ISO, aplicación y objetivos de cada norma

Norma	Objetivo o ámbito de aplicación
ISO 8402: 1986	Define los términos básicos y fundamentales relacionados con los conceptos de la calidad, aplicables a todos los campos. Clarifica y normaliza los términos relativos a la calidad que sean aplicables al campo de la gestión de la calidad, para evitar malentendidos o confusiones. No es certificable.
ISO 9001: 2008	Requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda la organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los estándares tanto de los clientes como los reglamentarios. Es certificable.
ISO 9004: 2009	Proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo de esta norma es mejorar el desempeño de la organización y la satisfacción de los clientes y de las partes interesadas del sistema de gestión de la calidad. No es certificable.
ISO 14001: 2004	Requisitos que debe tener un sistema de gestión ambiental, permiten a la organización formular una política ambiental, determinar los aspectos y los impactos ambientales de productos, actividades y servicios, planear objetivos medio ambientales y las metas mensurables, la aplicación y el funcionamiento de programas para lograr los objetivos y las metas, verificar y tomar acciones correctivas, y revisar la gestión administrativa; teniendo en cuenta además los requisitos legales. Es certificable.
ISO 17000: 2004	Establecen los requisitos específicos que cada uno de los organismos de evaluación de la conformidad (laboratorios, certificadores e inspectores) deben cumplir para demostrar su competencia técnica y los requisitos para la evaluación de la Conformidad - Vocabulario y Principios Generales. No es certificable. Ofrece definiciones internacionalmente aceptadas de conceptos que figuran en el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC.

ISO 17025 2005	Pertenece a la familia 17000. Específicamente se enfoca a laboratorios de pruebas y calibración. Con orientación al cliente y a la mejora continua. No es certificable. Esta norma establece los criterios para los laboratorios que desean demostrar su competencia técnica, que poseen un sistema de calidad efectivo y que son capaces de producir resultados técnicamente válidos.
ISO 18000	Específica el estándar de Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional para todo tipo de Industria. Son compatibles con los estándares de gestión ISO 9.000 e ISO 14.000.
ISO 19000	Marco normativo de referencia para realizar auditorias, ya sea internas (de primera o de segunda parte) como externas (de segunda o tercera parte). No es certificable.
ISO 19011	Proporciona orientación relativa a las auditorias de sistemas de gestión de la calidad y de gestión ambiental. No es certificable.
ISO 22000: 2005	Requisitos para un sistema de gestión de seguridad alimentaria , incorpora todos los elementos de las BPM y del Sistema HACCP, junto a un sistema de gestión adecuado, que permita a la organización demostrar que los productos que suministra cumplen con los requisitos de sus clientes, así como los requisitos reglamentarios que les son de aplicación en materia de seguridad alimentaria.
ISO 27000	Especifican los requisitos del sistema de gestión de seguridad de la información.

Fuente: Recopilación propia.

La principal ventaja de la aplicación de las normas ISO es la posibilidad de las empresas de demostrar su capacidad para producir bienes y servicios tal y como lo declaran en su misión empresarial. Según Gómez; et al³⁸, la ISO permite detectar metódicamente las preferencias y exigencias de todos los clientes y asegurar, por consiguiente, el cumplimiento de sus expectativas, la reducción de costos de producción al evitar desperdicios y re-procesos por contar con procesos internos organizados y eficientes, permite el aumento de la productividad al hacer las cosas bien desde la primera vez y el mejoramiento de la imagen y el posicionamiento en el mercado.

Las revisiones de las normas ISO 9000 han permitido incluir aspectos importantes como las relaciones de mutuo beneficio con el proveedor, el respeto por la competencia, la mejora continua y la orientación al cliente basadas en principios de calidad total; estos dos últimos aspectos han mostrado resultados exitosos en las empresas³⁹. El principal obstáculo para la adecuada implementación de las normas ISO es que no todas las empresas tienen un enfoque basado en procesos y ello limita o demora su implementación; en ocasiones las empresas no son prácticas en la documentación que usan y por falta de compromiso de la gerencia terminan por no cumplir requisitos importantes y presentan dificultades en la implementación y el mantenimiento del SGC.

Por otro lado, a medida que las empresas del sector agroindustrial se preparan para garantizar la calidad en los productos, procesos y sistemas empresariales por cualquier metodología, se vuelve mas evidente la necesidad de garantizar que el producto llegará en adecuadas condiciones hasta el destino final, principalmente cuando el cliente está por fuera del país; por ello se han desarrollado sistemas de certificación en comercio seguro de los cuales el más común en Colombia es el sistema BASC.

Sistema Business Alliance for Secure Commerce (BASC)

La World BASC Organización es una entidad del sector privado que, con el apoyo de servicios aduaneros, crea la norma BASC de adopción voluntaria, destinada a ayudar a las organizaciones en el desarrollo de una propuesta de gestión en control y seguridad en el comercio internacional, que proteja a los productos, las empresas y los empleados. Para el caso de los productos agroalimentarios se busca que esta norma garantice la entrega adecuada de la mercancía y se eviten los riesgos de contaminación o alteración por sustancias extrañas.

El sistema BASC ha sido implantado por empresas que conocen la necesidad de demostrar objetivamente su responsabilidad en seguridad y como tal han aceptado el reto de hacer de este sistema una herramienta que conlleva un sinnúmero de ventajas adicionales como la posibilidad de convenios internacionales, la necesidad de mejoramiento continuo, la trazabilidad, el establecimiento de mejores perfiles de riesgo, el cuidado especial que requiere la carga, la disminución de los daños de la mercancía por inspecciones, la confiabilidad de todos los procesos internos y la tranquilidad de clientes, accionistas, autoridades y proveedores.

Los sistemas BASC y BRC no son comunes en nuestro país, solo han sido implementado por grandes empresas que tienen mercados extranjeros encontrando en ellos grandes beneficios de comercialización.

La trazabilidad como herramienta fundamental para cumplir los requisitos en al industria de cítricos

La trazabilidad es la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento, un producto, una sustancia o un animal destinados a la producción de alimentos⁴⁰; dicho de otra forma, es la posibilidad de seguir los pasos que ha recorrido un producto y sus componentes desde el origen hasta llegar a las manos del consumidor.

La trazabilidad en todo el ciclo de vida productivo del producto representa una oportunidad para la revisión de los procesos y un avance incalculable en la gestión y mejoramiento de los mismos, y cobra especial interés en el sector agroalimentario por la necesidad de generar productos inocuos, mantener la confianza del consumidor y cumplir la legislación como se mencionó anteriormente.

Un adecuado sistema de trazabilidad debe permitir la identificación de cada unidad de venta con un código o lote; a partir de este producto se podría conocer el proveedor y el número de lote de los productos utilizados en su elaboración, incluyendo materias primas, ingredientes, envases y material de empaque; debe permitir diferenciar las condiciones de producción específicas de cada lote (maquinaria y operarios involucrados, fases críticas, entre otras); además, debe registrar el número del lote de envío a cada cliente y localizar y recuperar el producto en caso de alerta.

La implementación de la trazabilidad debe efectuarse bajo criterios de uniformidad y coordinación en el interior de las empresas y en todo el sector agroindustrial en donde se hace necesario crear un marco de ayuda, unos referentes normativos y apoyo técnico, con el fin de que cada empresa los siga y logre vincularse de forma exitosa a este proceso. En este sentido, Colombia no ha logrado un avance significativo para la implementación de programas de trazabilidad y cada empresa lo realiza de forma independiente sin ningún tipo de articulación, pues lo toman más como un requisito para que las grandes empresas controlen sus procesos y lleguen a mercados internacionales que como un mecanismo de apoyo y cultura empresarial, razón por la cual se crean dificultades y se genera apatía en su implementación, principalmente para medianos y pequeños productores.

Actualmente en el sector citrícola pocas empresas hacen rastreabilidad completa de sus productos; algunas incluso lo realizan con metodologías básicas que no permiten evidenciar algunas partes del proceso y son auditadas por las entidades de vigilancia y control sin ningún tipo de patrón o modelo. Algunos decretos y legislación nacional mencionan la necesidad de tener sistemas de trazabilidad, pero solo las grandes empresas han introducido en sus auditorías mecanismos claros de verificación, debido a las negociaciones con almacenes de cadena con presencia internacional.

En los últimos años, la UE ha introducido importantes cambios en la legislación alimentaria referente a trazabilidad: Desde el 1 de enero de 2005 se hicieron exigibles los requisitos en materia de trazabilidad y a partir del 1 de enero

de 2006 se hicieron exigibles las normas de higiene para alimentos y piensos, la doctrina de seguridad alimentaria de la granja a la mesa y el seguimiento integral de la cadena alimentaria como fundamento de la trazabilidad⁴¹.

En países como Argentina y España en donde la producción de cítricos ocupa lugares importantes en el sector agropecuario, se han establecido diversas reglamentaciones para la trazabilidad de los cítricos. Específicamente en España la Agencia Navarra de Innovación y la Asociación empresarial de Industrias Agroalimentarias CONSEBRO crearon nueve guías básicas subsectoriales para la gestión de la trazabilidad, buscando ayudar a superar las dificultades que encuentran las industrias alimentarias con la entrada en vigor de la normativa Europea de seguridad Alimentaria. Cada guía (industria cárnica, láctea, pesquera, frutas y hortalizas, grasas y aceites, productos de molinería, bebidas y otros) es el resultado de estudiar la realidad de cada sector, estableciendo criterios comunes de actuación de los empresarios⁴².

De igual forma, podemos referenciar en el caso de Argentina la Resolución 255/2003, la cual autoriza la utilización del sistema denominado “SITC-NEA” (Sistema Informático de Trazabilidad de Cítricos del NEA) aprobado por el Comité Regional del Nordeste Argentino (CORENEA), en el Programa de Certificación de Fruta Fresca Cítrica de la Región NEA para exportación a la Unión Europea.

Las principales ventajas de la adecuada aplicación de los sistemas de trazabilidad utilizando tecnologías y software en las empresas del sector agroalimentario son, entre otras, la posibilidad de gestionar un mayor volumen de información, además de hacerlo con mayor eficacia, aumentar la productividad, reducir costos administrativos, agilizar los procesos, evitar pérdidas de información, errores de transcripción y ofrecer mayores posibilidades de intercambio de información en la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumidor final.

La normativa de derecho alimentario expuesta hasta aquí* permite entender la importancia de cumplir los requisitos establecidos para poder comercializar y exportar productos agroindustriales incluyendo los cítricos, y garantizar su inocuidad. Estos requisitos se resumen principalmente en:

- Admisibilidad sanitaria y fitosanitaria de productos agropecuarios, según país de origen.

* En cada país la legislación es revisada y actualizada constantemente por lo que debe consultarse de forma continua la vigencia de las normas y decretos antes mencionados

- Requerimientos establecidos en la Ley contra el Bioterrorismo.
- Límites máximos de agroquímicos permitidos en los productos.
- Para productos frescos, cumplimiento de las BPA.
- Para productos procesados, cumplimiento de las BPM y del sistema HACCP.
- Correcto etiquetado de los alimentos

Competitividad para el sector cítrícola en Colombia. Oportunidades y retos

La competitividad, entendida como la capacidad de las empresas de mantenerse en el mercado a través del tiempo, es una herramienta fundamental de las empresas de cualquier sector. Para el sector agroalimentario en Colombia, específicamente para los cítricos, se presenta cada vez con mayores posibilidades la oportunidad de negociaciones en el exterior por el alto potencial agropecuario del país.

El acuerdo de competitividad de la cadena productiva de los cítricos⁴³ del año 2000 planteó grandes retos para la cadena, entre ellos: establecer el Sistema Nacional de Certificación de la Calidad, difundir y aplicar de manera masiva las normas de calidad, contar con certificación ISO 9000 y 14000 y, HACCP para 60% de la cadena en el año 2010, metas aún no alcanzadas en su totalidad hasta la fecha.

Por su parte, el Documento de Trabajo No. 66 de Agrocadenas del año 2005⁴⁴ concluyó que el sector cítrícola muestra una desventaja competitiva, pues se caracteriza por ser una cadena importadora, y menciona que las principales debilidades que enfrenta la cadena son la falta de escalas comerciales significativas, la alta dispersión en la producción, el bajo grado de asociatividad entre los productores y la falta de cultura agroempresarial; además, identifica que existe poco grado de integración entre la industria y la agricultura; no hay material vegetal certificado; falta investigación y transferencia de tecnología tanto en la producción agrícola de las frutas como en su manejo agroindustrial.

Asimismo, este estudio identifica que el desarrollo del sector debe estar enmarcado en la especialización de la oferta regional, desarrollando nichos productivos con orientación exportadora que sólo se dará sobre la base de un complejo agroindustrial organizado y una estructura empresarial eficiente. Para esto es necesario tener un mejor conocimiento de los mercados interna-

cionales, en cuanto a variedades, calidades, presentaciones y normas técnicas y de calidad; además, se debe mejorar en aspectos como calidad, sanidad, inocuidad, producción de materiales genéticos certificados y capacitación.

En este contexto, las oportunidades y retos para el país son muchos. Hoy más que nunca, los mercados extranjeros buscan productos diferenciados por sus procesos de producción, provenientes de empresas que dan valor a lo natural, al mejoramiento continuo y a las certificaciones de calidad, para llegar al cliente con productos orgánicos, inocuos y diferenciados.

En este sentido, se hace necesario desarrollar las capacidades organizacionales de las empresas colombianas como un elemento fundamental para lograr ingresar a mercados extranjeros; para ello es necesario que, además de cumplir la legislación nacional e internacional sobre los productos, y aplicar la trazabilidad, se implementen uno o varios sistemas de calidad dependiendo del mercado (normas o exigencias comerciales) y de las ventajas que traiga para la empresa que incluyan aspectos fundamentales de la competitividad como la innovación*, la diferenciación y el valor agregado de los productos y servicios, las alianzas estratégicas con el gremio, la celebración de acuerdos y convenios comerciales, el conocimiento del cliente, entre otros.

Lo anterior requiere un cambio en la forma de pensar de muchos empresarios: se debe asumir la calidad como parte de la cultura empresarial, como una estrategia de competitividad y como un diferenciador de incalculable valor que, además, garantiza las capacidades de la empresa de hacer las cosas bien y no simplemente como una inversión a corto plazo.

Conclusiones

La calidad debe ser enfocada desde diversos puntos de vista y aunque una variable comercial o una exigencia legal sea considerada más importante que otra, no significa que alguna de ellas carezca de importancia para la empresa agroalimentaria; en efecto, de nada sirve un producto de buena calidad si no tiene también, un adecuado precio, la oportuna comunicación y la idoneidad de su distribución. La calidad, entonces, aparece como una condición necesaria para lograr el éxito en el mercado agroalimentario y específicamente en el sector citrícola del país.

* En este aspecto se puede discutir que la innovación no está ligada exclusivamente al ámbito tecnológico y al desarrollo de productos, ya que la innovación en gestión contribuye en gran medida a la capacidad de las empresas de cambiar los paradigmas y realizar las cosas de una manera distinta, adelantándose al mercado y a los consumidores.

Las empresas de cítricos del país deberán habituarse a diversos modelos de mejoramiento continuo para mantener su competitividad. Lo anterior implica que, al igual que otros sectores alimentarios, deben cumplir con la legislación nacional e internacional, deben obtener la certificación de su sistema de gestión de calidad, realizar acuerdos comerciales y alianzas estratégicas y convertir la calidad en una filosofía organizacional que se refleje en todas sus actividades, sus departamentos, procesos y productos.

Dar cumplimiento con los límites máximos de residuos de plaguicidas constituye una de las certificaciones que garantizan el tránsito de los cítricos por los diferentes bloques económicos, a su vez que la legislación europea contempla un grupo muy amplio de compuestos, lo que evidencia su gran preocupación por la sanidad e inocuidad de los productos frutícolas que serán consumidos por sus ciudadanos. Por su parte, Colombia debe fortalecer no solo su capacidad tecnológica, sino ajustar su normativa no solo para cumplir normativas internacionales, sino, para garantizar el bienestar y la salud de la población colombiana.

Referencias bibliográficas

1. VELÁSQUEZ, Guillermo. La innovación y el valor agregado en los productos de exportación. En: Revista Éxito Empresarial. Vol. 6. Octubre 2002.
2. RIVERA, Luis Miguel. Gestión de la calidad agroalimentaria. España: Editorial A. Madrid Vicente, 1998. 139 p.
3. ACHÁ, Marcos. La importancia de las buenas prácticas de manufactura [en línea]. Bolivia: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), 2009. [Citado el 13 de Junio de 2010] Url disponible en: <http://www.ibnorca.org>
4. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN -ICONTEC. Norma Técnica. Sistemas de Gestión Ambiental (SGA). Requisitos con orientación para su uso. Bogotá: ICONTEC, 2004. 59 p. (NTC ISO 14001).
5. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) Y LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Qué es el Codex Alimentarius. Roma: FAO - Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, 2006. 51 p.
6. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO - FOMIN. Memorias del curso: capacitación de consultores de Diagnóstico de PARTs. Programa Integral de Apoyo a las Pymes para el acceso al mercado en los EEUU. Bogotá: UNAD, 2009.
7. TETRA PAK. The Orange Book. Suecia: Tetra Pak Processing Systems AB, 1998. p. 206.

8. FAO - CODEX ALIMENTARIUS. General standard for fruit juices and nectars (CODEX STAN 247). Roma: FAO, 2005. P. 19
9. _____. Muestreo de residuos de plaguicidas: métodos recomendados (CODEX STAN 229). Roma: FAO, 1993. 25 p.
10. FAO Y OMS. Base de datos en línea del codex sobre los residuos de plaguicidas en los alimentos. [En línea]. Roma: FAO, 2010. [Citado el 16 de junio de 2011]. URL disponible en: <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/index.html?lang=es>.
11. TETRA PAK. The Orange Book, Op. Cit., p. 179-187
12. COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 3075 de 1997. Bogotá: El Ministerio, 1997. 47 p.
13. COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Resolución número 7992 (21 de julio de 1991) por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo relacionado con la elaboración, conservación y comercialización de Jugos. Concentrados, Néctares, Pulpas, Pulpas Azucaradas y Refrescos de Frutas. Bogotá: El Ministerio, 1991. 21 p.
14. MILIND, Ladaniya. Citrus Fruit Biology, Technology and Evaluation. Canadá: Elsevier Inc, 2008. p. 179
15. CODEX STAN 247. Op. Cit., p. 4
16. COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto numero 60 (Diario Oficial 44.686, enero 18 de 2002). por el cual se promueve la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico - Haccp en las fábricas de alimentos y se reglamenta el proceso de certificación. Bogotá: El Ministerio, 2002. 20 p.
17. MURAT, Bao; MARIYE, Yüksel & TUFBA, Çavuooflu. Difficulties and barriers for the implementing of HACCP and food safety systems in food businesses in Turkey. En: Food Control. 2007. Vol. 18. p. 124-130.
18. RESTREPO, Jorge Oswaldo. Buenas prácticas de manufactura en la elaboración y preparación de alimentos: Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). En: Consejo Colombiano de Seguridad (27, 28 y 29 : 06 : 2007 : Bogotá - Colombia).
19. FAO. Codex Alimentarius-Higiene de los alimentos. [En línea]. Roma: FAO, 2011. [Citado el 15 de Junio de 2011]. Url disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y1579S/y1579s03.htm>
20. ORRISS, Gregory D. Equivalence of food quality assurance systems. En: Food Control. 1999. Vol.10. p. 255-260

21. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO DE ESPAÑA SERVICIO DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS Y NORMAS ALIMENTARIAS. Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos. Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC). Roma: Grupo Editorial Dirección de Información de la FAO, 2002.
22. RESTREPO, Jorge Oswaldo. Op. Cit., p.17
23. COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 60. Op. Cit., p. 8
24. ZUGARRAMURDI, Aurora; *et al.* A quality cost model for food processing plants. En: Journal of Food Engineering. 2007. Vol. 83. p. 414–421
25. TAYLOR, Eunice. A new method of HACCP for the catering and food service industry. En: Food Control. 2008. Vol.19. p.126–134.
26. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO. Acuerdos Multilaterales en el Comercio de las Mercancías. [En línea]. Suiza. Centro de Comercio Internacional. UNTACD-OMC. [Citado 15 junio de 2011]. URL disponible en: <http://www.jurisint.org/pub/06/sp/doc/16.htm>
27. COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 5109. Diario Oficial No. 46.150 del 29 de diciembre de 2005. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano. Bogotá: El Ministerio, 2005.
28. _____. _____. Resolución 0333. Diario Oficial No. 46.894 de enero 31 de 2008. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Bogotá, El Ministerio, 2008. 72 p
29. KARAA, Erdal; RIBAUDOB, Marc y JOHANSSON, Robert C. On how environmental stringency influences adoption of best management practices in agriculture. En: Journal of Environmental Management. 2008. Vol. 88. p. 1530–1537.
30. FAO. Good Agricultural Practices – a working concept Background paper for the FAO Internal Workshop on Good Agricultural Practices. Rome, Italy: FAO, GAP. 2004. P. 27-29 Working paper serie 5.
31. COLOMBIA, ICA. Buenas prácticas agrícolas. Sistema de aseguramiento de la inocuidad de los alimentos. Boletín Técnico. Edición: Grupo Transferencia de Tecnología. Editorial: Produmedios.

32. FAO. Principios de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). [En línea]. Roma: FAO, 2007. [citado 21 junio de 2011]. URL disponible en: http://www.fao.org/prods/gap/home/principles_es.htm
33. _____. Informe de 1975 de la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas. En: Estudios FAO: Producción y protección vegetal N° 1.
34. _____. Informe de la JMPR de 1995, En: Estudios FAO: Producción y protección vegetal n° 127.
35. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO. ISO Standards. [En línea]. Geneva, Switzerland: ISO [Citado el 02 de junio de 2011]. URL disponible en: <http://www.iso.org/iso/home.html>
36. GÓMEZ DE ILLERA, Margarita; AMEZQUITA, Rosa Tulia y MARTINEZ, Héctor. Gestión de la calidad alimentaria. Santa Fe de Bogotá, D. C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2005. p. 198.
37. FONTALVO HERRERA, Tomás José y VERGARA SCHMALBAC, Juan Carlos. La gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008. 2ª ed. Barranquilla: [s.n], 2010. 195 p.
38. GÓMEZ DE ILLERA, Op. Cit., p. 10-15
39. MARTINEZ-COSTA, Micaela; *et al.* ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited. En: Journal of Operations Management. December 2009. Vol. 27, no. 6. p. 495-511
40. UNION EUROPEA. Reglamento (CE) 178/2002 del parlamento Europeo y del consejo de 28 de enero de 2002. Por el que se establecen los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria, y se crea la autoridad europea de seguridad alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria (D.O.C.E.N°L31 de 01.02.2002).
41. ESPAÑA. MINISTERIO DE SEGURIDAD Y CONSUMO. Agencia Española de Seguridad Alimentaria. Guía para la aplicación del sistema de trazabilidad en la empresa agroalimentaria. Madrid: El Ministerio, 2004. 79 p.
42. *Ibíd.*, p.14-14.
43. COLOMBIA. CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva de los Cítricos. CCI colección documentos IICA. Serie competitividad No.19. Edición. Bogotá: Papel House Group, 2001. 80 p.
44. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Observatorio Agrocadenas. Documento de Trabajo No. 66. La cadena de cítricos en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica. Bogotá: El Ministerio, 2005.

Poscosecha

Catarina Pedro Pássaro Carvalho*

Pilar Navarro**

Alejandra Salvador***

Resumen

Desde el momento en que los frutos cítricos son recolectados hasta su comercialización y consumo se inicia un proceso de deterioro natural, que conducirá a la pérdida del producto en un corto periodo de tiempo si se no se realizan procesos de manipulación y conservación para evitarlo.

En Colombia, las pérdidas en el periodo poscosecha de los cítricos son muy elevadas. Para reducir estas pérdidas es necesario entender los factores biológicos y medioambientales relacionados con el deterioro del fruto y conocer la tecnología poscosecha más apropiada para retrasar la senescencia y mantener la calidad del producto lo mejor posible. La manipulación poscosecha tiene como objetivo mantener las cualidades de los productos desde que son cosechados hasta que llegan al consumidor, garantizando la calidad organoléptica y nutricional, mejorando la presencia externa y siempre aplicando las normas y recomendaciones vigentes.

Normalmente, los frutos cítricos tras la recolección son transportados a las centrales de manejo (o emparadoras) donde son sometidos al proceso de confección para su presentación al mercado o bien expuestos a tratamientos poscosecha específicos como

* Ing. Agrónoma. Ph.D. en Ing. de Alimentos. C.I. La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), km 7 vía Las Palmas, Vereda Llanogrande, Rionegro, Antioquia, Colombia.

** Ing. Técnico Agrícola. Centro de Tecnología Poscosecha, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Apartado Oficial, 46113 Moncada, Valencia, España.

*** Ing. Agrónoma. Ph.D. en Ing. Agrónoma. Centro de Tecnología Poscosecha, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Apartado Oficial, 46113 Moncada, Valencia, España.

Correspondencia:
Catarina Pedro Pássaro
Carvalho
cpassaro@gmail.com

desverdización o frigoconservación. Uno de los problemas de competitividad que presenta la cadena citrícola, es el hecho de que la fruta nacional no cumple con los estándares que impone la demanda interna o el acceso a nuevos mercados externos. Esto se debe principalmente al deficiente manejo poscosecha que existe en todas las regiones del país, comenzando por una cosecha inadecuada, deficiente selección, clasificación y almacenamiento, e insuficiente tecnología para mejorar presentación, lo que finalmente se traduce en abundantes desechos y pérdidas.

En este capítulo se discute sobre los cambios fisiológicos que ocurren tras la cosecha, los requisitos de calidad exigidos por el mercado así como el proceso de manipulación poscosecha a los que se somete los frutos cítricos. Con ello se pretende suministrar al lector el conocimiento necesario para poder realizar la comercialización del fruto manteniendo la calidad exigida por el consumidor.

Palabras clave: cítricos, fisiología poscosecha, manipulación poscosecha, calidad.

Postharvest

Abstract

From the moment in which citrus fruits are collected, to their commercialization and consumption, there is a natural decay process that leads to lose the product in a short time if processes to handle and conserve it are not made.

In Colombia, loses in citrus' postharvest are very high. In order to lessen them it is necessary to understand the biological and environmental factors related to the fruit's decay and be familiar with the most appropriate postharvest technology to retard the senescence and keep the product's quality as best as possible. Post harvest handling aims to keep the product's quality, from the harvest to the moment in which they are consumed, guaranteeing the organoleptic and nutritional quality, improving the product's look and always applying the regulations and recommendations that are in force.

Usually citrus fruits, after their collection, are transported to handling centers or packaging places in which they are submitted to a confectio process for being presented in the market, or submitted to specific postharvest treatments, such as degreening or cold storage. One of the problems for competitiveness the citrus' chain has is that national

fruits do not meet the standards demanded by the internal and the external markets. This is due, mainly, to a deficient post harvest management made all over the country, starting with an inadequate harvest, a deficient selection, classification and storage and a technology insufficient to improve the look of the product, which finally means abundant discards and losses.

This chapter discusses the physiological changes that take place in the postharvest, the quality requirements demanded by the market and the postharvest handling process to which citrus are submitted. All of this is to provide the knowledge necessary to commercialize the fruit, keeping the quality demanded by consumers.

Key words: citrus, postharvest physiology, postharvest handling, quality.

Introducción

La alta dispersión de los cultivos de cítricos en el territorio colombiano da origen a una gran diversidad en los sistemas de producción, y genera problemas tecnológicos de índole fitosanitaria, nutricional y de poscosecha, que se reflejan directamente en los costes de producción.

Durante el período poscosecha se producen importantes pérdidas, tanto en cantidad como en calidad, dependiendo de la especie, método de cosecha, almacenamiento, transporte, entre otros. En Colombia se estiman pérdidas entre el 12% y 25% del total de la producción, donde la manipulación y las condiciones de almacenamiento no son las más adecuadas y se dispone de muy baja tecnología¹.

Las pérdidas poscosecha son muy difíciles de cuantificar, sobre todo por la dificultad en la identificación de la etapa de la cadena de manipulación en la que se induce. El estrés físico y metabólico que sufre el producto durante el manejo poscosecha, en muchas ocasiones, provoca una alteración que se manifiesta de una forma visible no fácilmente relacionada con su verdadero origen².

Algunos de los principales problemas que afectan la poscosecha de cítricos en casi todas las regiones de Colombia son los siguientes: cosecha inadecuada, deficiente selección, clasificación y almacenamiento; baja calidad externa del fruto (apariencia); insuficiente tecnología disponible para mejorar presentación; así como desechos y pérdidas.

Ante esta realidad, es de relevante importancia mejorar las condiciones de manipulación, transporte, conservación y distribución, para optimizar la cantidad y calidad de la oferta cítrica colombiana que satisfaga las crecientes exigencias de los mercados internacionales, en vez de tratar de incrementar la oferta aumentando los recursos productivos. El principal objetivo de la tecnología de poscosecha es desarrollar métodos para reducir al máximo el deterioro de los productos durante el período entre la recolección y el consumo. Esto requiere un conocimiento profundo de la estructura, composición, bioquímica y fisiología del producto hortofrutícola, dado que estas tecnologías están enfocadas sobre todo a reducir la tasa de metabolismo del producto sin inducir situaciones anormales. A pesar de que existe una estructura y metabolismo básico común a todos los productos, las tecnologías poscosecha deben ser desarrolladas teniendo en cuenta las diferencias que existen entre los productos hortofrutícolas, entre diferentes cultivares de un mismo producto e inclusive entre estados de madurez, zonas de crecimiento y estaciones.

Fisiología poscosecha

La vida de los productos hortofrutícolas puede ser dividida en tres principales estados fisiológicos que son:

- Crecimiento: es el incremento irreversible en atributos físicos del fruto.
- Maduración: es el conjunto de cambios físico-químicos que experimentan los frutos, cuando alcanzan su tamaño definitivo y completan su desarrollo, y que determinan que este alcance un color, sabor y determinada textura que lo hace apto para consumo. Este proceso es consecuencia de la actividad bioquímica del fruto, la cual es desencadenada por los procesos fisiológicos del mismo.
- Senescencia: etapa caracterizada por procesos de degradación que provocan el envejecimiento y finalmente la muerte de los tejidos del fruto.
- Generalmente, se distinguen dos tipos de madurez:
- Madurez de consumo o gustativa: cuando el fruto alcanza sus mejores características organolépticas, tales como color de la piel, firmeza de la pulpa, sabor y aroma, entre otras.
- Madurez comercial o de recolección: el fruto se puede recolectar porque tiene el calibre adecuado y el índice de madurez requerido para su comercialización.

El estado de madurez en el momento de cosecha es uno de los factores más importantes que determina el período de vida útil y la calidad final de los frutos. Cualquier fruto recolectado demasiado temprano o demasiado tarde es más susceptible a los desórdenes fisiológicos y tiene un período de vida útil más corto que los frutos cosechados en un estado adecuado de madurez³.

En los frutos cítricos la madurez de consumo se inicia en el último tercio del crecimiento y termina con las primeras etapas de la senescencia, involucrando una serie de cambios en las características externas e internas del fruto. En estos frutos la madurez de consumo solamente puede ser completada si los frutos permanecen unidos a la planta².

En la manipulación de frutos y hortalizas después de recolectados es necesario tener en cuenta que se trata de estructuras vivas que siguen desarrollando procesos metabólicos para mantener los sistemas fisiológicos, lo cual acelera su deterioro, especialmente para aquellos productos con una larga cadena de comercialización⁴. Los procesos metabólicos más importantes en este sentido son respiración, transpiración y producción de etileno.

Respiración

La respiración es un proceso metabólico fundamental de todo ser vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células, como almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua, con la consiguiente liberación de energía. Esta energía es indispensable para mantener el resto de las reacciones metabólicas del fruto^{2, 5}.

La pérdida de estas fuentes de reservas que tiene lugar durante la respiración de productos hortofrutícolas significa la aceleración de la senescencia debido al agotamiento de las reservas de fuentes de energía para el mantenimiento del metabolismo de la vida celular, pérdida de calidad organoléptica, y reducción del valor nutritivo^{6, 7}.

El principal hidrato de carbono de reserva en el caso de los cítricos es la sacarosa. La respiración exige una degradación enzimática previa de estos hidratos de carbono a glucosa. Normalmente en atmósferas ricas en oxígeno, donde se encuentran los frutos, se desarrolla una respiración aeróbica. En determinadas condiciones, si el oxígeno se encuentra bajo determinados niveles críticos, los tejidos inician la respiración anaeróbica fermentativa, donde la glucosa se transforma en acetaldehído y etanol, y pueden llegar a producirse sabores extraños.

Los frutos cítricos pertenecen al grupo de los frutos no climatéricos, o sea que al contrario de los frutos climatéricos carecen de la capacidad de síntesis autocatalítica de etileno en la fase de maduración o previa a ella, por lo que la madurez interna solo se alcanza en el árbol sin que se registren cambios dramáticos en la intensidad respiratoria y la producción de etileno. Estos parámetros alcanzan en los frutos recolectados valores de 5-10 mg CO₂/Kg*h (a 5°C) y 0,0-0,1 mL C₂H₄/Kg*h (a 20°C), respectivamente, lo que se corresponde con frutos no muy perecederos⁸. Dependiendo de la especie y temperatura, presentan un período de vida útil entre 4-8 semanas⁹.

El periodo de vida útil de los productos hortofrutícolas está directamente relacionado con la tasa de respiración, así cuanto más alta es la tasa de respiración más perecedero es el fruto. Es por ello que gran parte de la tecnología poscosecha se basa en provocar una reducción de la respiración y, por tanto, una reducción en el metabolismo, mediante la manipulación de las condiciones externas. La respiración puede estar afectada por muchos factores, siendo los más importantes la temperatura, la composición atmosférica y el estrés físico.

Un aumento de la temperatura se traduce en un aumento exponencial de la velocidad de respiración. De acuerdo con la ley de Van't Hoff la velocidad de una reacción biológica se duplica con cada incremento de 10°C de temperatura. Generalmente, se elaboran tablas que muestran los efectos de la temperatura en la velocidad de respiración, y consecuentemente, en la velocidad de deterioro y en la vida útil de un producto (**tabla 1**). Por ejemplo, un producto con una vida útil de 13 días a 20°C podrá ser almacenado 100 días a 0°C y no más de 4 días a 40°C.

Tabla1. Correlación entre temperatura, Q10, tasa de respiración (TR) y período de vida útil de un producto.

T (°C)	Q10	TR (mL CO ₂ / Kg•h)	Tiempo máximo de almacenamiento (días)
0		1	100
10	3	3	33
20	2,5	7,5	13
30	2	15	7
40	1,5	22	4

Relación existente entre la intensidad de un determinado proceso a una temperatura determinada y ese mismo proceso a una temperatura de 10°C menor.

Fuente: Kader¹⁰

Generalmente, la respiración se reduce cuando disminuye la temperatura. Sin embargo, en algunos frutos de origen tropical y subtropical, como es el caso de los cítricos, la tasa respiratoria sufre un incremento cuando son sometidos a una temperatura por debajo de una temperatura crítica (10-12°C) que provoca alteraciones fisiológicas denominadas 'daños por frío', como consecuencia del estrés al que es sometido el fruto.

Transpiración

La transpiración es un proceso de transferencia de vapor de agua desde el fruto hacia la atmósfera. Es un fenómeno general que se produce antes y después de la recolección. Mientras el fruto permanece unido a la planta, las pérdidas de agua se reponen a través del sistema radicular y vascular de la planta.

En los frutos cítricos, una de las principales causas de deterioro fisiológico durante el período poscosecha es el estrés de agua producido por la transpiración al separarse de la planta madre y la falta de reposición. En el caso de mandarinas se agrava más esta situación al ofrecer el fruto una alta relación superficie/volumen y menor espesor de corteza que facilitan la deshidratación. La transpiración no solo causa desecación, arrugamiento y ablandamiento sino que también acelera la senescencia, siendo mayor con las altas temperaturas y baja humedad ambiente¹¹⁻¹³ (**figura 1**).

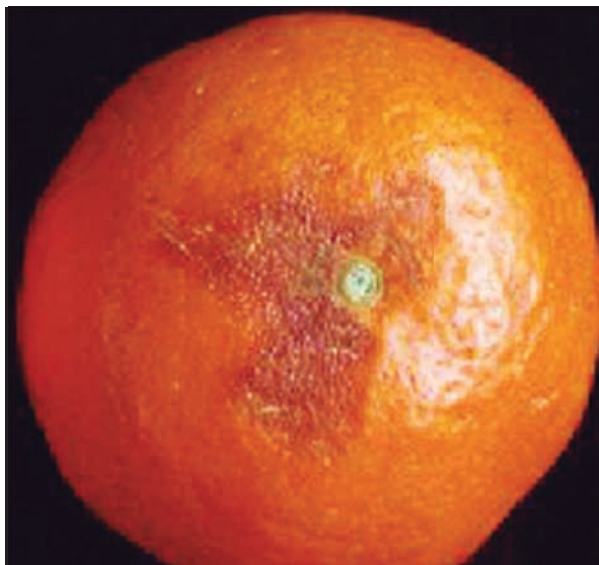


Figura 1. Síntoma de deshidratación en mandarina.

Según Jiménez-Cuesta; et al¹⁴ la pérdida de agua durante la manipulación de frutos cítricos provoca mermas de peso del orden del 5% en la comercialización directa, del 7% en la frigoconservación y de hasta el 16% en un proceso completo de conservación frigorífica y posterior comercialización.

La transpiración se produce en mayor proporción en la piel del fruto que en la pulpa¹⁵, y en el hemisferio peduncular que en el estilar¹⁶, por lo que la zona peripeduncular del fruto es más susceptible a la senescencia y, por tanto, más proclive a las alteraciones fisiológicas.

En cuanto a las condiciones externas que influyen en el proceso de deshidratación son, fundamentalmente, la temperatura y la humedad relativa de la atmósfera de su entorno, ya que determinan las diferencias entre la presión de vapor de agua dentro y fuera del fruto.

Etileno

El etileno es una fitohormona vegetal de naturaleza gaseosa que regula aspectos de crecimiento, desarrollo y senescencia. Dependiendo de dónde y cuándo actúe, su efecto será beneficioso o perjudicial. Antes de que sus efectos se manifiesten debe ser biosintetizado o adicionado de forma exógena. Químicamente es el hidrocarburo insaturado más sencillo (C_2H_4)¹⁷.

En las frutas no climatéricas, no hay un incremento en la producción de etileno asociado con la maduración, y la adición de etileno exógeno no induce la plena maduración. Sin embargo, el tratamiento con etileno de frutas no climatéricas en ocasiones es útil; por ejemplo, el flavedo de algunas frutas cítricas maduras puede cambiar de color mediante la aplicación externa de etileno¹⁸.

En los frutos no climatéricos, el etileno exógeno estimula la respiración, la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos, pero estos procesos vuelven a sus niveles originales al poco tiempo de suprimir la aportación¹⁹.

Por otra parte, el etileno puede tener efectos indeseables. La promoción de la senescencia por causa del etileno en algunos productos hortícolas cosechados produce una aceleración de su deterioro y una vida poscosecha reducida. Esto es debido a que el etileno acelera la degradación de la clorofila e induce al amarilleo de los tejidos verdes por lo que reduce la calidad de las hortalizas de hoja, de flor y las inmaduras de fruto, así como el follaje utilizado con fines ornamentales. El etileno también induce abscisión de las hojas y flores, ablandamiento de las frutas y desarrollo de algunas alteraciones fisiológicas.

Los efectos del etileno en la evolución del color pueden ser observados a concentraciones muy bajas: el etileno exógeno promueve su propia síntesis endógena y es activo en concentraciones muy pequeñas (0,1 a 1 ppm).

Factores precosecha

Además de los propios procesos fisiológicos involucrados en la maduración y senescencia de un producto hortofrutícola, el comportamiento poscosecha del mismo estará determinado por la influencia de factores precosecha.

Son numerosos los factores precosecha que pueden influir en el comportamiento del fruto una vez recolectado; entre los principales podemos citar:

- Genéticos (patrón, especie y variedad)
- Prácticas culturales
- Factores climáticos y ambientales
- Aspectos fitosanitarios

Dentro de cada especie de fruta hay un rango de variación genotípica en el potencial de la composición, calidad y vida poscosecha. Existen muchas posibilidades para utilizar el mejoramiento vegetal y métodos de la biotecnología para desarrollar nuevas variedades que tengan buen sabor y calidad nutricional, o para introducir resistencia a desórdenes fisiológicos y/o agentes patógenos causantes de enfermedades que nos permitan reducir el uso de productos fungicidas.

Debería realizarse un buen análisis de costo-beneficio (incluidas las cuestiones de aceptación por el consumidor) para determinar las prioridades en los programas de mejora genética. En algunos casos, aumentar el consumo de ciertas variedades con un alto valor nutritivo y sabor, puede ser más eficaz y menos costoso que la utilización de técnicas de mejoramiento genético para la obtención de variedades nuevas con altos contenidos en fitonutrientes²⁰.

Los efectos de las condiciones climáticas y prácticas culturales antes de la cosecha sobre la calidad poscosecha de frutas tropicales y subtropicales, han sido revisados por varios autores²¹⁻²⁴. En general, la menor intensidad de la luz durante el crecimiento conduce a un menor contenido de ácido ascórbico y azúcares en estos frutos. La temperatura influye en la absorción y el metabolismo de los nutrientes minerales por las plantas. El estrés hídrico severo aumenta las quemaduras solares. El estrés hídrico moderado reduce el tamaño del fruto y aumenta el contenido de los sólidos solubles, acidez y ácido ascór-

bico. Por otro lado, el suministro de agua en exceso a las plantas resulta en el agrietamiento de los frutos. La excesiva turgencia aumenta la susceptibilidad al daño físico, reduce la firmeza, retrasa la madurez y reduce el contenido de sólidos solubles.

El tipo de suelo, el patrón, el acolchado, riego y fertilización influyen en el suministro de agua y nutrientes a la planta. El alto contenido de calcio en las frutas se ha relacionado con una mayor vida poscosecha como consecuencia de una mayor firmeza de los tejidos²³. El alto contenido de nitrógeno a menudo se asocia con una menor vida poscosecha de frutas^{21, 22}.

Existen numerosos trastornos fisiológicos asociados con deficiencias de minerales. Por ejemplo, la mancha roja de los limones está asociada con la deficiencia de calcio en estos frutos. La deficiencia de boro resulta en abultamientos en la cáscara de los cítricos. El exceso de sodio y/o cloruro (debido a la salinidad) se traduce en una reducción del tamaño de la fruta y mayor contenido de sólidos solubles.

Las prácticas culturales como la poda y el raleo determinan la producción de los cultivos y el tamaño del fruto, lo que puede influir en la composición nutricional de la fruta.

El uso de plaguicidas y reguladores del crecimiento no influyen directamente en la composición de la fruta, pero indirectamente pueden retrasar o adelantar la maduración de los mismos²⁵.

El método de recolección puede determinar el grado de variabilidad en la madurez y las lesiones físicas y, en consecuencia, influye en la composición y calidad de los frutos. Los daños mecánicos (abrasiones, rozaduras superficiales, cortes, entre otros) pueden acelerar la pérdida de agua, y aumentar la susceptibilidad a los patógenos que causan las enfermedades. La incidencia y gravedad de estas lesiones están influenciadas por el método de cosecha (manual frente a mecánica) y la gestión de las operaciones de recolección y manejo.

Calidad de los frutos

La calidad de los frutos se define como el conjunto de propiedades inherentes a un producto que permite distinguir entre unos y otros frutos, que además tiene importancia en la determinación del grado de aceptación por el consumidor e implica una combinación de características, propiedades y atributos que le darían al producto un valor como alimento y mercancía²⁶.

Como regla general, los mercados exigen determinados índices de calidad para los frutos cítricos con destino al consumo en fresco y a la transformación industrial, producidos en diferentes regiones del mundo, regulados en diversos documentos legales. Estos índices son necesarios para evitar la recolección de frutos no aptos y la llegada de estos al mercado con un nivel de calidad no aceptado por el consumidor²⁷, así como para evitar los cambios en olor y sabor del zumo o su contaminación microbiológica²⁸ cuando se destinan al procesamiento industrial.

La apariencia (intensidad y uniformidad de color; tamaño; forma; firmeza; ausencia de pudriciones; y ausencia de defectos, incluyendo el daño por frío o por congelación, daño de insectos y cicatrices), el sabor (relación de azúcares y ácidos y ausencia de sabores desagradables), el valor nutritivo (principalmente vitamina C) son considerados atributos que definen la calidad de los cítricos²⁹.

Lo más importante de cualquier centro de acopio, comercializadora o exportadora debe ser la CALIDAD, dado que el futuro de la misma dependerá de su capacidad y habilidad para ofrecer productos y frutos de la más alta CALIDAD posible.

La calidad, en su sentido más amplio, se puede considerar como un compendio de calidades:

- Calidad organoléptica: se refiere al contenido en zumo, aroma, sabor, tamaño, textura, color, entre otros.
- Calidad microbiológica: se refiere a la ausencia, tanto interna como externa, de hongos, bacterias y virus.
- Calidad nutritiva: es la cantidad de vitaminas, cantidad de proteínas, etc.
- Calidad comercial: está basada en la producción, empaqueo, conservación, transporte y distribución; es decir, todas aquellas operaciones realizadas con los frutos durante los procesos mencionados.

La calidad afecta a una empresa de cuatro maneras:

1. Costos y participación en el mercado

Una calidad mejorada puede conducir a una mayor participación en el mercado y a ahorro en el costo. Se ha demostrado que las comercializadoras con más alta calidad son las más rentables y productivas. Cuando se consideran los costos, se ha determinado que estos son mínimos cuando el 100% de la fruta producida se encuentra en perfectas condiciones, libre de patógenos y defectos.

2. La reputación de la comercializadora

Una comercializadora que desarrolla una baja calidad tiene que trabajar el doble para desprenderse de esta imagen, cuando llega la disyuntiva de mejorar.

3. Responsabilidad del producto

Las comercializadoras que ofrecen productos defectuosos o con residuos perjudiciales para el consumidor o el medioambiente pueden ser responsabilizadas por los daños o lesiones que resulten de su consumo.

4. Implicaciones internacionales

La CALIDAD es un asunto internacional en caso de exportación de los frutos. Para una comercializadora, sus productos deben cumplir con las expectativas de CALIDAD y precio. Los productos de baja calidad dañan la reputación de la misma, tanto en el mercado interno como en el extranjero³⁰.

Muchos países tienen reguladas las características mínimas exigidas para la comercialización de frutas y hortalizas. En el caso de los frutos cítricos existen Normas y Reglamentos de calidad específicos que regulan su comercialización en función de una serie de parámetros que determinan la calidad de los frutos.

Parámetros de calidad en frutos cítricos

La calidad de los frutos cítricos puede ser evaluada a través de una serie de parámetros, recogidos directa o indirectamente en las diferentes normas y reglamentos de calidad.

Los parámetros de calidad más importantes en los frutos cítricos son los siguientes:

Externos

- Calibre (tamaño y peso o volumen)
- Color de la piel
- Firmeza

Internos

- Contenido en zumo
- Sólidos solubles totales (SST)
- Acidez total (AT)
- Contenido en ácido L-ascórbico (Vitamina C)

- Contenido en volátiles del zumo (etanol y acetaldehído)

Otros parámetros

- Espesor de la piel
- Número de semillas

La fruta se clasifica en calibres en función del tamaño, peso o volumen, los cuales varían de acuerdo con las normas de cada país, y la especie y cultivar.

El peso y volumen de un fruto es un parámetro básico de calidad que nos indica el grado de crecimiento del mismo.

La relación peso/volumen es un indicador de la calidad interna del fruto, como jugosidad o sequedad.

El color externo de los frutos cítricos es también un importante parámetro de calidad contemplado en la mayoría de normas y reglamentos internacionales, aunque su medición resulta a menudo complicada. Puede realizarse de manera subjetiva a través de comparación con cartas de color o de forma objetiva mediante medidas instrumentales.

Los métodos instrumentales de medida de color de superficies por reflexión permiten, mediante una serie de normalizaciones definidas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), la identificación de un color determinado. Se utilizan colorímetros triestímulo para la determinación de las coordenadas básicas X Y Z, definidos en función de un determinado iluminante y para un observador estándar. Estas coordenadas no son por sí mismas suficientes para definir la apariencia de color de un determinado objeto, ya que de los tres parámetros solamente Y, que indica la luminosidad, correlaciona con un atributo visual; sin embargo, se pueden transformar matemáticamente y a partir de ellos definir otros sistemas de coordenadas de color, que correlacionen mejor con la apreciación visual. La escala CIE deromaticidad (x, y, Y), en la que Y es la misma de la escala anterior, $x = X / X+Y+Z$ e $y = Y / X+Y+Z$, da lugar a valores más acordes con la apreciación visual; sin embargo, tiene aun el inconveniente de que no es uniforme en cuanto al espaciamiento de colores, por lo que la magnitud de las diferencias de color así obtenidas no se corresponden con las diferencias captadas por el ojo humano. Es por ello que se han propuesto otros sistemas, definidos también a partir de las coordenadas básicas X Y Z, pero basados en que el color se aprecia por sensaciones de colores opuestos: blanco-negro, rojo-verde y amarillo-azul. Los dos sistemas definidos de esta forma son: el CIELAB que utiliza las coordenadas L^* , a^* , b^*

y el Hunter Lab cuyas coordenadas son L, a, b. (**figura 2**). De ellos, el último es el más comúnmente utilizado para las determinaciones de color en frutos y hortalizas. En la actualidad los distintos modelos de colorímetros triestímulo que existen en el mercado permiten la lectura directa de estos parámetros (L, a, b) de forma objetiva y, por tanto, asignar a cada color una posición determinada en el sistema espacial de ejes, definida por ellos (**figura 3**). A partir de estas ternas de valores se pueden establecer relaciones matemáticas que permitan asignar a cada uno de ellos un valor numérico único (Índice de Color), que sufra modificaciones aumentando o disminuyendo de forma gradual e uniforme, a medida que evoluciona el color medido dentro de un intervalo y para una gama de colores determinada. Los índices de color más comúnmente utilizados para los frutos en general son: el cociente a/b , el definido como el arco cuya tangente es b/a y el denominado Chroma que se define como raíz cuadrada de $a^2 + b^2$.

Jiménez-Cuesta et al³¹, tras numerosos estudios y experiencias sobre la evolución del color en la piel de mandarinas y naranjas, propusieron como índice de color para cítricos la relación matemática $1000*a / L*b$ (siendo L, a y b parámetros de HunterLab), que da una muy buena correlación con la apreciación visual, en el intervalo de colores comprendido entre el verde oscuro y el naranja intenso como puede apreciarse en la **figura 4**.

La medición del color mediante medidas instrumentales resulta, sin embargo, complicada fuera del campo de la investigación, no sólo por su elevado coste, sino también por una serie de consideraciones de orden práctico, como son: su fragilidad, la necesidad de que su utilización quede restringida a personal con un mínimo grado de especialización y, sobre todo, a que la determinación de color con el mismo requiere la realización de múltiples medidas en cada fruto y en un número elevado de frutos, lo que supone un consumo elevado de tiempo que, frecuentemente, resulta incompatible con las actividades de la recolección o de la manipulación en una central cítrica. Por ello, el IVIA (Instituto Valenciano de Investigación Agraria, España) desarrolló y patentó un sistema de medición de color visual, consistente en 12 láminas unidas de manera que pueden abrirse en forma de abanico, cada una de las cuales corresponde visualmente a un determinado valor de índice de color dentro de la gama de los que va adquiriendo la piel del fruto durante su evolución (**figura 5**).

La escala de color publicada está concebida fundamentalmente para mandarinas, que son los cítricos que en mayor porcentaje se someten a desver-

dización; sin embargo, puede ser utilizada también para naranjas teniendo en cuenta que en ellas no se dan normalmente las coloraciones naranja más intensas o rojizas. La medición de color en limones y pomelos blancos y rojos requeriría la confección de nuevas cartas de color con láminas específicas.

Esta escala de color puede ser un elemento útil de trabajo para productores, técnicos de centrales citrícolas, empresas de asesoramiento de poscosecha e inspectores. Se ha comprobado también que los calibradores electrónicos por color, que se utilizan actualmente en los almacenes de cítricos, pueden programarse con ayuda de esta escala y separar al menos cuatro grupos de color³².

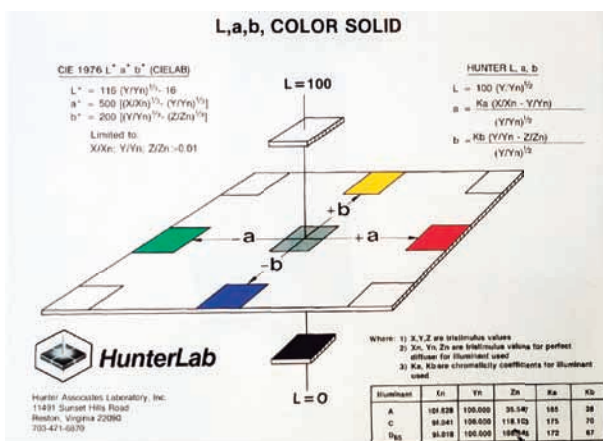


Figura 2. Esquema de coordenadas L, a, b. definidas por el sistema Hunterlab.



Figura 3. Colorímetro triestímulo Minolta.

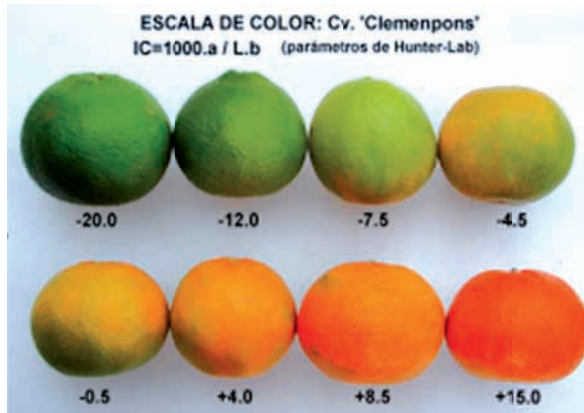


Figura 4. Índice de color ($IC = 1000 \cdot a / L \cdot b$) que proporciona muy buena correlación con la apreciación visual del color de los cítricos, en el intervalo de colores comprendido entre el verde oscuro y el naranja intenso.



Figura 5. Escala de color visual para mandarinas y naranjas patentada por el IVIA (Valencia, España).

La firmeza es otro de los parámetros a tener en cuenta en el momento de cosecha, ya que durante el posterior almacenamiento y comercialización se va a producir un progresivo ablandamiento (pérdida de firmeza) de los frutos con la consecuente pérdida de calidad. Este parámetro está relacionado con las propiedades mecánicas, y puede ser medido en términos de resistencia a la penetración o punción, compresión, deslizamiento, impacto y propiedades de sonido de la corteza.

La medición de la firmeza puede realizarse objetivamente con un durómetro o texturómetro (**figura 6**). Cuando se utilizan este tipo de equipos para medir firmeza, es necesaria la siguiente información: tipo de instrumento utilizado, las dimensiones y la geometría de la sonda, distancia de penetración, y la tasa de carga (velocidad). La carga y el tiempo deben ser estandarizados para varios tipos de frutas cítricas.

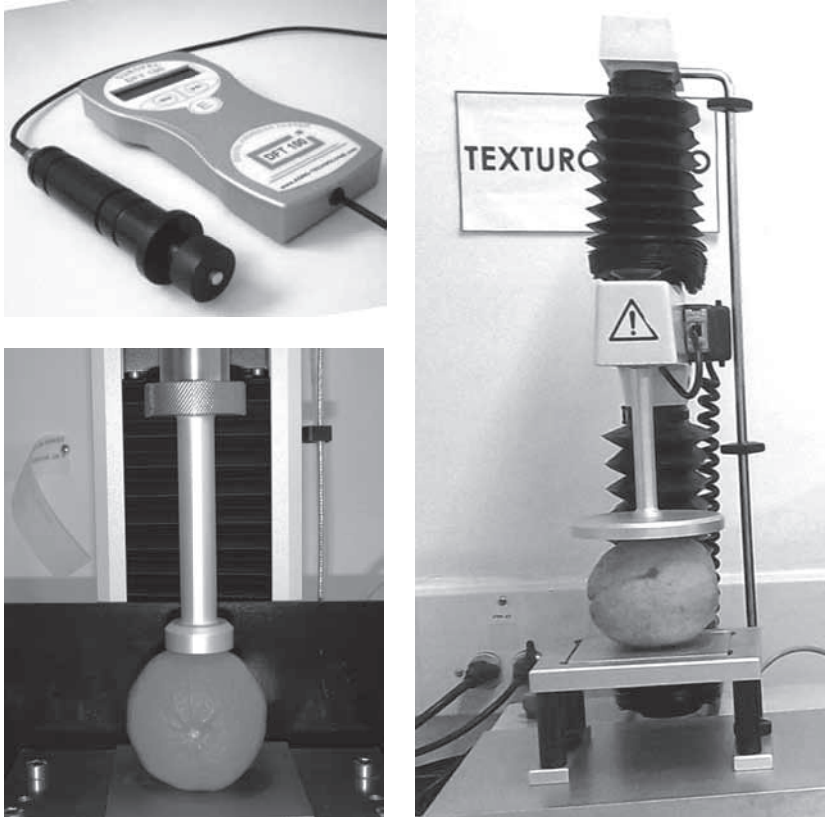


Figura 6. Durómetro digital y texturómetro.

(Fuente: Agro-technologies y personal)

El sistema de análisis Instron o el sistema de Micro-Stable son sistemas controlados por software muy avanzados que son operados por computadores y cuyo empleo generalmente queda restringido al campo de la investigación y la experimentación, que generalmente no se emplean. El sistema puede mostrar la velocidad de la sonda / émbolo, la fuerza medida y la dis-

tancia. Estos sistemas tienen diferentes células de carga de diferentes pesos (5, 10 y 25 Kg) y durante una prueba de penetración un émbolo de 5-6 mm de diámetro viaja por el tejido de la fruta a cierta velocidad (1 mm, por ejemplo) y a una cierta distancia. En este caso, para el cálculo de la firmeza se utiliza, como valor la fuerza máxima necesaria para perforar la cáscara, el pico de la primera fuerza de la punción, ya que la parte interior es muy suave, hecha de sacos de zumo.

Otro indicador de la firmeza puede ser la fuerza de compresión. Por ejemplo, un plato de 65 mm diámetro se pone en contacto con una naranja a una velocidad 1 mm / s para comprimir una fruta por 10 mm desde el punto de contacto. Se puede utilizar una célula de carga de 5000 N. La firmeza se expresa como la fuerza requerida para comprimir el fruto en una distancia de 10 mm. Valores de fuerza más altos indican una mayor firmeza³³. También se puede medir la compresión en términos de porcentaje de deformación con respecto al diámetro ecuatorial del fruto, calculando la distancia máxima alcanzada en el fruto, aplicando una fuerza constante de 10 N a una velocidad de 5 mm/min por ejemplo, en el diámetro ecuatorial del fruto^{34, 35}.

El contenido en zumo es el porcentaje de zumo expresado en volumen (mL) respecto del peso total de los frutos. Es extraído por métodos mecánicos (prensa manual) o eléctricos y filtrado. Los frutos cítricos son valorados por su contenido de zumo. El contenido de zumo disminuye con el avance de la maduración y el período de almacenamiento. El estado de maduración y la calidad de la lima, el limón y el pomelo se basan también en la cantidad de zumo de los frutos, además del contenido de sólidos solubles.

Los sólidos solubles totales (SST) de los zumos de naranja dulce, mandarina, pomelo y toronja se constituyen principalmente de azúcares (80-85%). El ácido cítrico y otros ácidos y sus sales, compuestos de nitrógeno y otras sustancias solubles, tales como las vitaminas solubles en agua constituyen la composición restante de los SST. Los °Brix de los zumos de cítricos indican todos los sólidos solubles existentes en el zumo; no son solamente una medida de azúcares. La técnica más común de medición de este parámetro se basa en la refractometría, y requiere el empleo de instrumentos relativamente económicos (**figura 7**). El refractómetro digital de bolso es muy práctico, y permite una rápida y exacta medición. Se puede usar el procedimiento descrito en la NORMA PNTP 011.023/200636, y los resultados se expresan en °Brix.

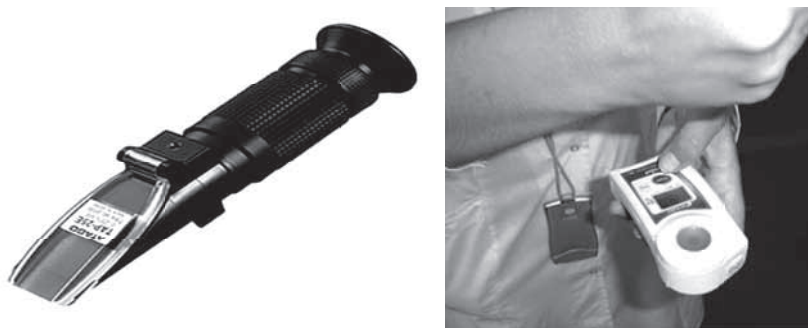


Figura 7. Refractómetro manual y digital para medición de sólidos solubles.

El ácido cítrico es el ácido más predominante en los frutos cítricos (80-95%). En limas, limones y otros frutos cítricos ácidos, el ácido cítrico constituye la mayor parte de los SST, dado que el contenido en azúcares es muy bajo. La acidez total se puede determinar mediante valoración volumétrica usando fenolftaleína como indicador o titulación hasta pH 8,2 y se expresa en % o mg ácido cítrico anhidro / 100 mL zumo³⁶; en la actualidad existen equipos de laboratorio capaces de determinar de forma automática la acidez de una muestra (**figura 8**).

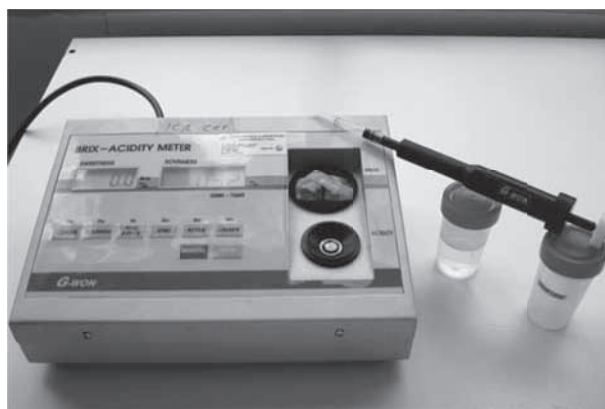


Figura 8. Equipos digitales para determinación automática de acidez en frutos.

El sabor de algunos frutos cítricos viene determinado por su proporción de azúcares y ácidos. Ya que los sólidos solubles en la mayoría de las naranjas, mandarinas y pomelos están constituidos por azúcares, la relación entre los

sólidos solubles en ácido se utiliza por conveniencia (SST/AT). Este índice de madurez (IM) se utiliza generalmente para determinar la madurez mínima requerida en naranjas, mandarinas, toronjas, pomelos, y sus híbridos para consumo en fresco. En el caso de limas y limones, la relación SST/AT no se utiliza como criterio de madurez. El índice de madurez mínimo exigido por las normativas de cada país para la comercialización de cítricos en fresco varía en función de la especie y variedad.

El ácido ascórbico (vitamina C) se puede determinar por espectrofotometría usando el 2,6-diclorofenol indofenol como indicador, ya que este reduce el ácido ascórbico³⁷. La mayoría de los cítricos tienen un rango de pH de 3,0 - 3,5 y este método da resultados bastante exactos. En la actualidad la determinación de ácido ascórbico se realiza por métodos de cromatografía líquida (HPLC) que permite su cuantificación de manera muy exacta.

Aunque las diferentes normas de calidad de cítricos no hacen referencia expresa al contenido en compuestos volátiles de los frutos sí que especifican que los frutos deberán estar exentos de olores y sabores extraños.

El etanol y el acetaldehído en ciertas cantidades son componentes importantes de la evaluación de calidad de los frutos cítricos frescos, ya que pueden estar relacionados con la aparición de malos sabores³⁸. Puesto que existe una clara necesidad de desarrollo de métodos analíticos no destructivos como índices objetivos de medición de los cambios en la calidad de los frutos cítricos durante el almacenamiento, los volátiles emanados del fruto entero e intacto podrían servir como un medio no destructivo de evaluación. En este sentido la cromatografía de gases podría ser un medio eficaz de medición; sin embargo, es una tecnología dispendiosa y, por ende, de limitado acceso.

La presencia de semillas en los frutos es una característica no deseada por los consumidores, por lo que se han desarrollado muchos trabajos de mejoramiento genético en cítricos tratando de disminuir su número o, incluso, eliminar su presencia.

Es conveniente eliminar la fruta con semillas con algún método no destructivo, antes de llegar al mercado. Actualmente, se están realizando esfuerzos para desarrollar métodos no destructivos en tiempo real que se puedan integrar a una línea de empaque. La radiografía en tiempo real con sistemas de rayos X se puede utilizar para este propósito³⁹. Las semillas son detectadas como zonas grises brillantes (de baja absorción en relación con el medioambiente).

Normas de calidad de frutos cítricos

El cumplimiento de los estándares de calidad es una clara ventaja competitiva en el sector hortofrutícola que se refuerza con la obtención del correspondiente certificado de calidad. Aunque cada país por lo regular tiene sus normas, en general estas siempre tienen como referente las Normas de calidad del Codex Alimentarius, Normas de calidad de la Unión Europea, y Normas de calidad vigentes en Estados Unidos. En Colombia se aplican las Normas Técnicas Colombianas (NTC), expedidas por el Icontec.

Para cítricos, existen normas NTC para las variedades nacionales de mayor consumo: naranja ‘Valencia’, mandarinas (cv. Oneco), lima, toronja, y tangelo ‘Mineola’. Estas normas establecen los requisitos generales de calidad: frutos enteros con forma característica de la variedad, con presencia de cáliz, sanos (libres de ataques de insectos y/o enfermedades que demeriten la calidad interna del fruto), libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas de poscosecha, exentos de cualquier olor o sabor extraños (provenientes de otros productos, empaque o recipiente y/o agroquímicos, con los cuales haya estado en contacto), aspecto fresco y consistencia firme, exentos de materiales extraños (tierra, polvo de agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o su empaque. El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre.

En general, las normas estadounidenses son muy específicas en cuanto al tamaño y calibre de las frutas, y tienen el nivel de tolerancia más bajo de todos los mercados internacionales, lo que se explica, en parte, por el interés de ofrecer productos de calidad a los consumidores y por la necesidad de proteger la producción interna frente a los bienes que podrían ser económicamente más competitivos. Además, para muchos productos se especifican las características de daño, daño serio, daño muy serio.

Las normas en general, resumen los siguientes aspectos:

- Requisitos mínimos de calidad.
- Clasificación.
- Calibre.
- Empaque y rotulado.

Se pueden consultar o adquirir las diferentes normas en las siguientes fuentes:

- Normas del Codex Alimentarius: http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp

- <http://www.europa.eu.int/eur-lex/es>;
- Normas Técnicas Colombianas NTC: <http://www.icontec.org.co/homemember.asp>
- Normas de calidad para productos agrícolas expedidas en Estados Unidos: <http://www.ams.usda.gov/standards>
- Legislación vigente en la Unión Europea:

En la **tabla 2** se presenta un resumen de las normas de calidad internacionales y nacionales encontradas, que definen los requisitos o parámetros mínimos de calidad para la comercialización de frutos cítricos en fresco.

Tabla 2. Parámetros mínimos de calidad para la comercialización de frutos cítricos en fresco de acuerdo con diferentes normas.

Norma	Especie / Cultivar	Calibre (mm)	Zumo	SST (°Brix)	AT (% ác cítrico)	IM	Color
Europa (UE N° 543/2011 Anexo A; UNECE STANDARD FFV-14)	Limones Verdelli y Primofiore	45 - 90	20				color típico variedad (CTV)
	Otros limones	45 - 90	25				CTV
	Limas	42 - 67	42				2/3 de la superficie del fruto (CTV)
	Mandarinas, excluidas clementinas	45 - >78	33			7,5	1/3 de la superficie del fruto (CTV)
	Clementinas	35 - >78	40			7	+3 - +6* ¹ o 1/3 de la superficie del fruto (CTV)
	Naranjas sanguinas	53 - 110	30			6,5	
	Grupo Navel	53 - 110	33			6,5	
	Otras naranjas	53 - 110	35			6,5	CTV
	Satsumas	45 - >78	33			6,5	+1 - +3* ¹
	<i>Citrus grandis</i> y híbridos (Pomelo)	70 - >139	33		9 (Oroblanco)		CTV
	<i>Citrus paradisi</i> y híbridos (Toronja)	100 - >170			8		2/3 de la superficie del fruto (CTV)

Peru (PNTTP 011.023/2006)	Mandarinas y híbridos	45 - >78	35	9,0	0,75 - 1,5	7,0 - 8,5 ²	
	Tangelos (<i>C. reticulata x C. paradisi</i>)	55 - >90	45			6,0	-13 ¹ (min para desverdizar)
	Naranjas	58 - >87	33			7,0	
	Toronjas	83 - 120	40			5,5	
EE. UU. (CODEX STAN 245-2004)	Naranjas sanguinas		30				CTV
	Grupo Navel		33				CTV
	Otras variedades	53 - 110	35				CTV
	Otras variedades		45				con mas 1/5 color verde
EE. UU. (CODEX STAN 219-1999)	<i>Citrus grandis</i>	110 - >170		8			2/3 de la super- ficie del fruto (CTV)
	<i>Citrus paradisi</i>	70 - >139	35				CTV
	Lima-Limón	42 - 67	42				2/3 de la super- ficie del fruto (CTV)
	Lima Mexicana	25 - >45	40				2/3 de la super- ficie del fruto (CTV)
	Limas		42				2/3 de la super- ficie del fruto (CTV)
Colombia (NTC 4086)	Naranjas	61 - >93	40	8,0 - 10,9 ³	2,2 - 1,2 ³	3,5 - 11,8 ³	0 - 6 ³ (índice visual)
Colombia (NTC 1330)	Mandarinas (<i>C. nobilis</i>)	40 - >86					CTV
Colombia (NTC 4087)	Lima	38 - >68					
Colombia (NTC 1272)	Toronja	70 - 139					
Colombia (NTC 4085)	Tangelo Mineola	54 - >96	45	9,1 - 11,1 ³	1,5 - 0,9 ³	6,1 - 15,9 ³	0 - 6 ³ (índice visual)
Rangos encontra- dos en Tâmesis, Suroeste Antioqueño	Clementina	59,2 - 60,9	41,4 - 42,8	10,4 - 10,8	0,81 - 0,79	13,0 - 13,7	+3 - +6 ¹

* ORDEN de 4 de septiembre de 2006, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Comunidad Valenciana de España, por la que se especifican las condiciones mínimas de calidad para la comercialización de frutos cítricos en fresco. [2006/10409].

¹ Índice de color (IC): Coloración del fruto, que se calcula empleando los parámetros de Hunter (L, a, b) mediante la fórmula: IC=1000*a / L*b en donde "L" mide la luminosidad, "a" la variación del verde al rojo y "b", la variación del azul al amarillo.

² Depende de la especie/cultivar: incluye Satsuma (7.0), Clementina (7.5), Dancy (7.0), Nova (8.0), Fortuna (6.0), Murcott (8.5), Otros (7.0).

³ Depende del piso térmico (piso 1 < 700msnm y piso 2 > 900msnm).

En Colombia, no existe aún norma o reporte técnico donde se establezcan las especificaciones técnicas para la cosecha de especies de cítricos cultivadas actualmente en el país, diferentes de las mencionadas en la tabla anterior, entre ellas, mandarina ‘Clementina’.

En los países subtropicales solo se obtiene una cosecha estacional, y está generalizado el uso del índice de color mencionado en el apartado 3.1, como indicador del momento óptimo de cosecha.

La Universidad de Antioquia y Corpoica, con el apoyo financiero del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, ha realizado numerosas experiencias con el objetivo de determinar las especificaciones técnicas para mandarina ‘Clementina’ en Colombia, y al mismo tiempo evaluar si cumplen con las especificaciones internacionales.

Así, en la Hacienda La Cristalina, situada en Támesis en el Suroeste Antioqueño, se realizaron varias cosechas de mandarina ‘Clementina’ entre los años 2008 y 2009, realizando cosechas totales de cinco árboles aleatorios (aprox. 500 frutos). En la **figura 9** se muestra un histograma de distribución del color de frutos de mandarina ‘Clementina’ durante la cosecha de diciembre de 2008 en La Cristalina, de acuerdo con la escala de colores del IVIA³⁶; realizándose una correspondencia para cada uno de los índices de color de la tabla con un intervalo de color. En la figura se evidencia que el mayor porcentaje de frutos presenta un IC entre -15 y +2, un color verdoso o pintón.

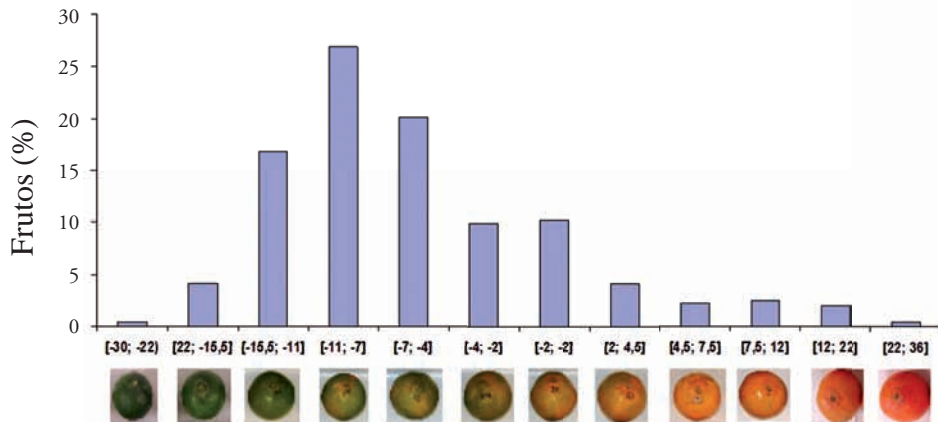


Figura 9. Histograma de frecuencias de distribución del color de mandarina ‘Clementina’ durante la cosecha diciembre 2008 en el suroeste antioqueño, de acuerdo con la escala de color del IVIA.

Los resultados encontrados están de acuerdo con los obtenidos por Goldschmidt⁴⁰, según el cual en las regiones tropicales, donde las temperaturas permanecen altas todo el año, los niveles de clorofila en el fruto permanecen elevados en la corteza de los mismos; por tanto, la fruta permanece de color verde, y no alcanza nunca el color naranja intenso típico de los países subtropicales.

En la **tabla 3** se muestran los parámetros de calidad registrados para cada intervalo de color de la piel correspondiente a cada uno de los índices de color de la tabla IVIA para mandarinas³⁶. No se observó ninguna tendencia en el contenido de ácido ascórbico, y se mantuvieron los valores entre 23.0 y 28.5 mg/100 mL, a través de los grados de madurez.

Cabe destacar que, de acuerdo con los resultados, la fruta se conserva bien en el árbol, pero pasado un tiempo se produce pérdida de zumo aunque se mantenga bien la corteza, lo cual provoca una retracción en la fruta que genera el bufado de la misma. Según Reuther⁴¹, cuando el fruto no es recolectado en su momento óptimo, este inicia un proceso de senescencia en el cual va perdiendo calidad progresivamente. Este deterioro es más rápido en las regiones tropicales debido a las altas temperaturas, lo que ocasiona mayores tasas metabólicas (respiración), y por consiguiente, un descenso rápido de la acidez, lo que produce fruta con zumo insípido.

Tal como ha sido reportado por varios autores, el contenido total de compuestos fenólicos disminuye con el avance de la maduración⁴², debido al agotamiento de las reservas antioxidantes como consecuencia del aumento del estrés oxidativo o a un mecanismo regulador en la fruta para aumentar su palatabilidad⁴³.

De acuerdo con los libros de registro para mandarina 'Clementina' de la hacienda La Cristalina (Támesis), el IM a cosecha promedio en el año 2008 fue de $17,3 \pm 2,06$ (datos no mostrados). Relacionando este índice con los datos de la **tabla 3**, podemos ver que este se corresponde con frutos en un estado de madurez muy avanzado, y por lo tanto, frutos menos resistentes a todo el proceso de poscosecha, menor vida útil y, además, menor contenido de compuestos fenólicos, o sea, un fruto menos saludable.

En Colombia, concretamente en Antioquia, la cadena de comercialización que maneja la empresa Agrícolas Unidas afortunadamente es corta: los frutos rápidamente son comercializados por la Central Mayorista o las grandes superficies en Medellín, por lo que las pérdidas por calidad no son tan elevadas como sería de esperar debido a la senescencia del fruto. Sin embargo, se debe tener en cuenta que

Tabla 3. Relación entre índice de color y parámetros de calidad para mandarina 'Clementina' con diferentes grados de madurez, en el suroeste antioqueño.

Tabla Color IVIA ¹	Intervalo de Índices de color ²	IC (1000*a/L*b) ³	Acidez (g.ác. cítrico/100mL)	SST (°Brix)	IM (SST/acidez)	Zumo (%)	Diámetro (mm)	AA (mg/100mL)	PT (mg GAE/100mL)
-26	[-30;-22]	-22,9 a*	2,58 d	8,4 a	3,3 a	33,1 a	37,4 a	ND	103,9 b
-18	[-22;-15,5]	-19,8 b	2,54 d	8,4 a	3,3 a	36,7 b	39,2 a	27,3 de	81,9 a
-13	[-15,5;-11]	-12,8 c	0,92 c	9,5 b	10,3 b	44,8 ^{ef}	57,3 b	24,2 abc	81,4 a
-9	[-11;-7]	-8,9 d	0,87 bc	9,7 b	11,1 bc	44,2 ^{def}	60,8 d	23,0 a	77,4 a
-5	[-7;-4]	-5,4 e	0,84 bc	9,8 bc	11,8 cd	44,9 f	58,2 bc	28,1 e	78,2 a
-3	[-4;-2]	-3,0 f	0,81 bc	10,2 d	12,7 de	44,9 f	58,3 bc	24,7 abcd	80,8 a
1	[-2;-2]	-0,4 g	0,80 bc	10,1 ^{cd}	12,6 de	42,3 ^{def}	59,2 cd	25,8 bcde	80,9 a
3	[2;4,5]	3,3 h	0,81 bc	10,4 ^{de}	13,0 ef	41,4 ^{cde}	59,2 bcd	26,0 bcde	78,0 a
6	[4,5;7,5]	5,9 i	0,79 bc	10,8 ef	13,7 ef	42,8 ^{def}	60,9 cd	27,5 de	80,2 a
9	[7,5;12]	10,0 j	0,76 ab	10,9 f	14,3 f	40,5 ^{bcd}	60,7 cd	26,7 cde	83,3 a
15	[12;22]	18,1 l	0,63 a	10,9 f	17,4 g	37,6 b	60,3 d	23,5 ab	78,1 a
29	[22;36]	25,0 m	0,62 a	10,6 ef	17,1 g	38,3 ^{bc}	60,9 d	ND	74,5 a

¹ Índices de color de la tabla de color IVIA (Instituto Valenciano de Investigación Agraria, España) para mandarinas (PNTP 011.023/2006), determinados por la fórmula IC = 1000 * a \ L * b.

² Intervalos de color correspondientes a cada uno de los índices de color presentes en la tabla de color IVIA (PNTP 011.023/2006).

³ Índices de color determinados en los frutos con un colorímetro por reflexión y calculado como IC = 1000 * a \ L * b.

* Valores seguidos de la misma letra en cada columna no difieren significativamente de acuerdo al test LSD (p < 0.05).

ND: no determinado.

AA: Ácido Ascórbico; PT: Polifenoles Totales; GAE: Equivalentes en Ácido Gálico

en el caso de que en un futuro sea necesario manejar una ruta de comercio más larga o incluso en el caso de exportación, que implica largos períodos de transporte marítimo por frío y luego períodos de transporte terrestre y comercialización, los frutos se deberían recolectar en un estado de madurez menos avanzado.

Por otro lado, dada la tendencia actual de los consumidores por frutos saludables, se debería considerar una recolección más temprana bajo el lema de propiedades funcionales (mayor contenido de antioxidantes), para beneficiar de un valor agregado al producto.

Si comparamos nuestros resultados (**tabla 3**) con los parámetros internacionales de calidad (**tabla 2**), la mandarina ‘Clementina’ cultivada en el suroeste antioqueño puede cumplir satisfactoriamente con estos, y con IM inferiores a los que se viene manejando actualmente. Sin embargo, hay que considerar el calibre de los frutos porque, independientemente del IM del fruto, estamos en calibre 2 de acuerdo con la norma Europea, parámetro que puede mejorarse con la aplicación de reguladores de crecimiento, y otras técnicas.

Manipulación poscosecha

La manipulación poscosecha de frutas y hortalizas tiene como objetivo conservar las cualidades de los productos desde que son cosechados hasta que llegan al consumidor, garantizando la calidad organoléptica y microbiológica, mejorando la apariencia externa, y aplicando siempre las normas y recomendaciones vigentes en cada país.

El manejo poscosecha de frutos cítricos para consumo en fresco puede esquematizarse según el siguiente diagrama general de operaciones (**figura 10**)

Recolección

La recolección debe efectuarse cuando el índice de madurez (SST/AT), el contenido en zumo y el calibre alcancen los valores mínimos exigidos por las normativas de cada país. Debe hacerse en ausencia de rocío o niebla y con alicates o tijeras para evitar el tirón, ya que pueden producirse desprendimientos de piel que inviabilizan la comercialización de los frutos. Los envases utilizados son capazos plásticos de 18 Kg y cajas plásticas de 20 Kg. Es deseable usar protecciones de goma espuma (**figura 11**) y hacer un volcado cuidadoso para minimizar los golpes. El volcado en agua es un procedimiento mucho más suave y que también sirve para el transporte. Una vez colocados los frutos en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados, e inmediatamente se deben trasladar al almacén.

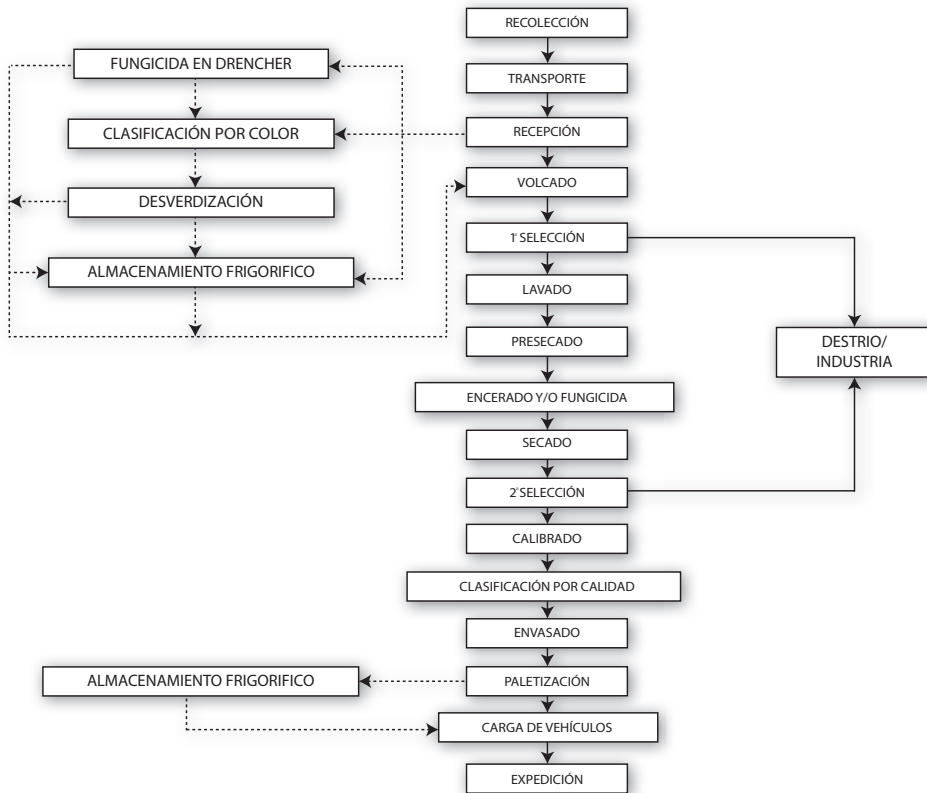


Figura 10. Diagrama de flujo general de manipulación de cítricos. Los trazos discontinuos indican vías opcionales de procesamiento.



Figura 11. Protección de los envases para recolección.

Fuente: Ferrato y otros, 2010⁷²

Confección

Como se ha mencionado en el apartado de Normativa de Calidad, los frutos deben presentarse al consumidor como “frutos enteros con forma característica de la variedad, con presencia de cáliz, sanos (libres de ataques de insectos y/o enfermedades que demeriten la calidad interna del fruto), libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas de poscosecha, exentos de cualquier olor o sabor extraños (provenientes de otros productos, empaque o recipiente y/o agroquímicos, con los cuales hayan estado en contacto), aspecto fresco y consistencia firme, exentos de materiales extraños (tierra, polvo de agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o su empaque. El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre”.

Esto implica que tras la recolección los frutos deban ser sometidos a una serie de operaciones antes de su puesta en el mercado. En el caso de los cítricos, este acondicionamiento de la fruta se lleva a cabo en las centrales hortofrutícolas o empacadoras donde se dispone de líneas de confección más o menos complejas en las que se efectúan las operaciones básicas esquematizadas en el diagrama de flujo de manipulación detallado al principio de este apartado.

Las líneas de confección deben estar dimensionadas para el cómodo acceso de los operarios a las tareas de tría y selección, sin sobrecargarse y evitando saltos o cambios de altura, perjudiciales por los daños externos e internos que puedan producirse.

En algunos casos se puede hacer un tratamiento fungicida previo, antes de entrar a la línea, mediante un tratamiento en drencher (ducha con agua con fungicidas), el cual permite una optimización del uso, menor cantidad de vertidos y mayor uniformidad; o mediante la aplicación directa en la cámara de un fumígeno, que permite un tratamiento eficaz, cómodo y rápido sin generación de residuos (**figura 12**)⁴⁴. La fruta es tratada en drencher principalmente cuando se va a hacer desverdización o almacenamiento refrigerado.

La descarga de los frutos en la línea (volcado) se puede hacer en seco o en agua; en ambos casos es muy importante disponer de desaceleradores de caída para minimizar los golpes asociados a esta operación, además de contribuir a regular el flujo del producto (**figura 13**)



Figura 12. Uso de drencher y fumígenos como tratamientos previos en la línea de cítricos.

Fuente: Conesa⁴⁴

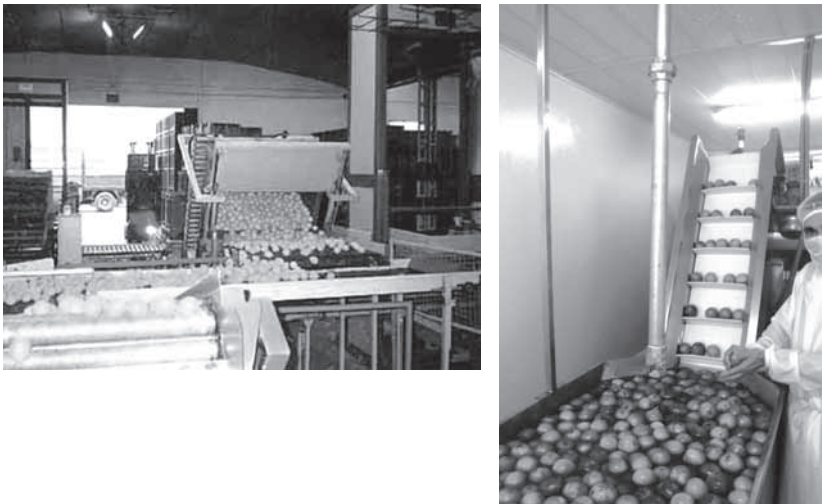


Figura 13. Volcado en seco y en agua.

Es conveniente que los rodillos en la línea de recepción tengan una estructura de soporte en ángulo que permita eliminar hojas y ramitas. En el tramo de selección la iluminación es fundamental y debe tener una intensidad mínima de 700 lux. Las cabinas de luz ultravioleta pueden utilizarse para detección precoz de podridos en períodos lluviosos.

El lavado se hace, en la mayoría de los casos, con máquina lavadora, bien sea mediante cortina de espuma o por boquillas. Se deben usar detergentes alcalinos o neutros, como dodecil benceno sulfonato sódico en concentraciones del orden del 10%, y normalmente se añade un fungicida OPP (ortofenilfenol) con un tiempo de contacto de 30-40 segundos. Los cepillos de la lavadora suelen ser de nylon y no deben girar a más de 80 r. p. m.; el tiempo de permanencia es de 20-30 segundos. En algunas variedades de piel fina, conviene reducir el número de cepillos.

En el enjuague, las boquillas que expulsan el agua deben trabajar con una presión de aproximadamente 200 Kpa, y el escurrido se debe de realizar en aros de látex (donuts) en los que la velocidad de rotación es crítica y no debe exceder de 75 r. p. m.

En la misma máquina de espuma puede efectuarse después, la aplicación de fungicidas en pulverización a baja presión. El agua de enjuague puede llevar incorporado algún desinfectante que no deje residuos en la fruta: ozono o peróxido disuelto en agua^{44, 45}.

Encerado

En la manipulación de frutos cítricos es una práctica habitual el encerado de los mismos, con la finalidad de devolver al fruto la capa de cera natural perdida en el lavado y cepillado previo, y así reducir las pérdidas de peso por transpiración. Además, las ceras proporcionan una barrera al libre intercambio de gases, aportan brillo mejorando la apariencia y proporcionan un soporte para los fungicidas y reguladores de crecimiento.

El uso de recubrimientos o ceras está regulado por entidades oficiales en los diferentes países. En EE. UU., la agencia que regula el uso de recubrimientos es la FDA (Food and Drug Administration). Este organismo aprueba los ingredientes como aditivos alimentarios directos o como “GRAS” (Generally Regarded as Safe), basado en el cumplimiento de evaluaciones muy extensas y seguras. En este país, la cera de carnauba y la resina de madera están permitidas como ingredientes no sintéticos en los revestimientos de cítricos orgánicos. En Japón, el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social publica

las normas japonesas de los aditivos alimentarios en los que se mencionan ingredientes aprobados para la preparación de recubrimientos y aditivos alimentarios. En la UE, cada país sigue sus propios reglamentos juntamente con las normas del Codex (FAO). En Colombia no existe normativa para el empleo de recubrimientos en frutas.

Los aditivos alimentarios, que pueden utilizarse para recubrimientos de frutos cítricos en la UE son: cera de abeja blanca y amarilla (E901), cera de candelilla (E902), cera de carnauba (E903), goma-laca (E904), esterres de ácido montánico (E912), cera de polietileno oxidado (E914), sucroesteres de ácidos grasos (E473), sucroglicéridos (E474) y esterres glicéridos de colofonia (E445). Como disolventes se autorizan agua, etanol y amoniaco. Como soportes y disolventes soportes, se permite el uso de lecitinas (E332), polisorbato (E432-436), sales sódicas, potásicas y cálcicas de ácidos grasos (E470a), mono y diglicéridos de ácidos grasos (E471), sorbitoles (E491, E495), ácidos grasos (E570) y dimetilpolisiloxanos (E900).

Normalmente, en cítricos se emplean emulsiones acuosas de ceras y resinas, y la composición del recubrimiento influye sobre la fisiología del fruto, modifica la permeabilidad al vapor de agua y a los gases de respiración, O_2 y CO_2 , y puede afectar en algún caso al aroma y sabor⁴⁶. Las ceras formuladas para incrementar el brillo, como las basadas en resinas de goma laca, usadas generalmente en la industria de cítricos, tienen permeabilidad relativamente baja a los gases O_2 y CO_2 , y tienden a bloquear los poros⁴⁷, lo que genera un contenido en etanol más elevado que las ceras de carnauba, candelilla y polietileno⁴⁸.

La formulación de las ceras debe permitir un adecuado intercambio gaseoso del fruto con su entorno. Además, el espesor y uniformidad de la capa de cera también es muy importante, ya que un espesor excesivo puede dar lugar a condiciones anaerobias en el interior del fruto, con la consiguiente aparición de malos sabores.

Dependiendo del destino de los frutos, la concentración de sólidos totales de las ceras varía: en comercialización directa se usa una concentración no superior al 18% y para almacenamiento en frío la concentración debe de ser más baja, máximo del 10-12%, para evitar malos sabores, dado que el período de almacenamiento es más largo.

En la línea de confección, se recomienda que el encerado se realice con boquillas que aseguren la correcta aplicación sobre la superficie del fruto y que la operación se haga sobre el menor número de cepillos posible con

una velocidad inferior a 8 r.p.m. Tras el encerado, la fruta debe secarse. Generalmente, este secado se hace en túneles a temperatura del aire entre 40-50°C, y el tiempo de permanencia en el túnel debe ser inferior a 3 min. En la actualidad se están introduciendo ceras que se secan a baja temperatura (30°C), y reducen el peligro de alteraciones en los frutos por las altas temperaturas del túnel de secado⁴⁴.

En Colombia se están llevando a cabo estudios sobre el comportamiento de diferentes ceras en función de las diferentes condiciones ambientales del país. En este sentido, en los ensayos llevados a cabo por la empresa Colombiana Tao Química S. A. S., se ha observado que para humedades relativas altas, el agua del ambiente tiende a condensarse sobre la fruta, por lo que hay que aumentar la dilución inicial de cera, disminuyendo el brillo en la fruta y el control de las pérdidas de peso. Por tanto, debería usarse la cera pura o con poca dilución y usar secadores para mejorar el tiempo de secado. En climas fríos como Bogotá, con humedades relativas entre 76 y 86% y en temporadas de alto invierno se han encontrado problemas debido a la dificultad de secado del recubrimiento de la fruta puesto que el gradiente de concentración de agua se hace muy pequeño, lo cual disminuye drásticamente la velocidad de secado. Adicionalmente, la condensación de agua sobre la fruta puede conducir a problemas de blanqueamiento. En otras regiones del país como el Valle del Cauca y suroeste antioqueño, donde se presentan humedades relativas inferiores, no se han presentado este tipo de inconvenientes y se encuentran tiempos de secado más cortos, por lo que se puede disminuir la concentración de la cera⁴⁹.

En el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá⁷³ evaluaron dos tipos de cera (comercial Johnson's y fórmula del ICTA) en la conservación de la naranja 'Valencia' a temperatura ambiente (20°C 65%HR) y refrigeración (10°C y 90% HR), y encontraron que ambas ceras prolongaron el período de vida útil en 23 y 44 días en ambiente y frigoconservación, respectivamente. Los frutos tratados con la cera ICTA no alcanzaron un cambio total de color de verde a amarillo al final del período de almacenamiento.

Por otra parte, Carvalho et al⁵⁰, de Corpoica, evaluando el efecto de una cera comercial (mezcla de resina sintética y natural con goma laca) en frutos de 'Clementina' durante 5 semanas de almacenamiento a 4°C, no observaron diferencias significativas entre la pérdida de peso de los frutos encerados (R) y los no encerados. Además, después de 3 semanas a 4°C la

pérdida de peso alcanzó valores superiores al 7%, en ambos tratamientos, límite aceptable comercialmente, por lo que la mandarina Clementina en estas condiciones solo puede ser almacenada por un período máximo de 2 semanas. La cera ensayada no controló eficientemente este parámetro (**figura 14**). Esto puede ser debido a una excesiva dilución del producto o a las características del recubrimiento utilizado. No se observó efecto significativo de la cera sobre los parámetros organolépticos ni sensoriales. La calidad general de los frutos disminuyó con el tiempo de almacenamiento (**figura 15**).

En experiencias realizadas por la empresa Colombiana Tao Química S. A. S., comparando dos formulaciones propias (mezcla de resina natural modificada con cera carnauba, 18-20% p/p), con una cera comercial importada (colofonia sin esterificar, (18-25% p/p), se ha observado un efecto significativo del encerado sobre la reducción de pérdida de peso en naranja 'Valencia' recolectada en Medellín y almacenada a temperatura ambiente durante 7 días (**figura 16**), y el efecto de sus formulaciones fue significativamente mayor el efecto de sus formulaciones con respecto al competidor nacional. No obstante, es de destacar que después de 4-5 días a temperatura ambiente ya se alcanzan pérdidas de peso superiores al 5%.

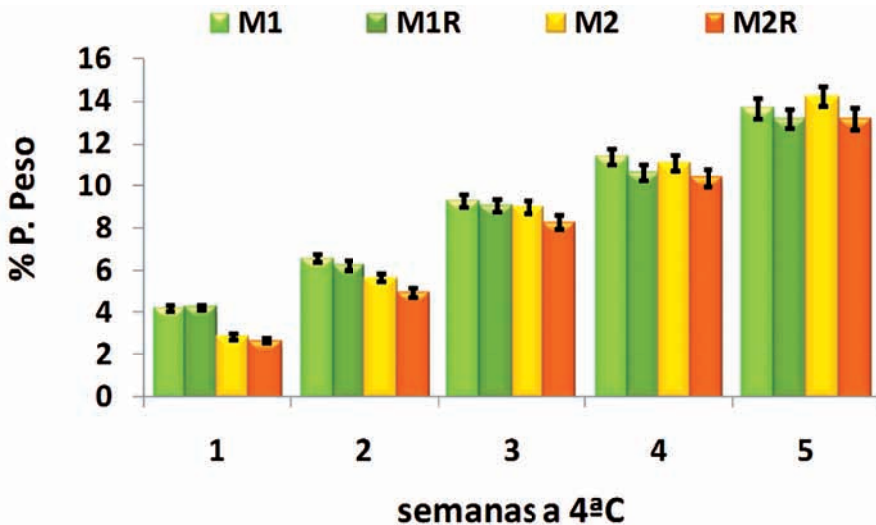


Figura 14. Pérdida de peso en frutos mandarina 'Clementina' en dos estados de madurez (M1 = IM 10; M2 = IM 13) encerados y sin encerar (M1 y 2 = sin cera; M1 y 2R = cera comercial) almacenados a 4°C durante 5 semanas.

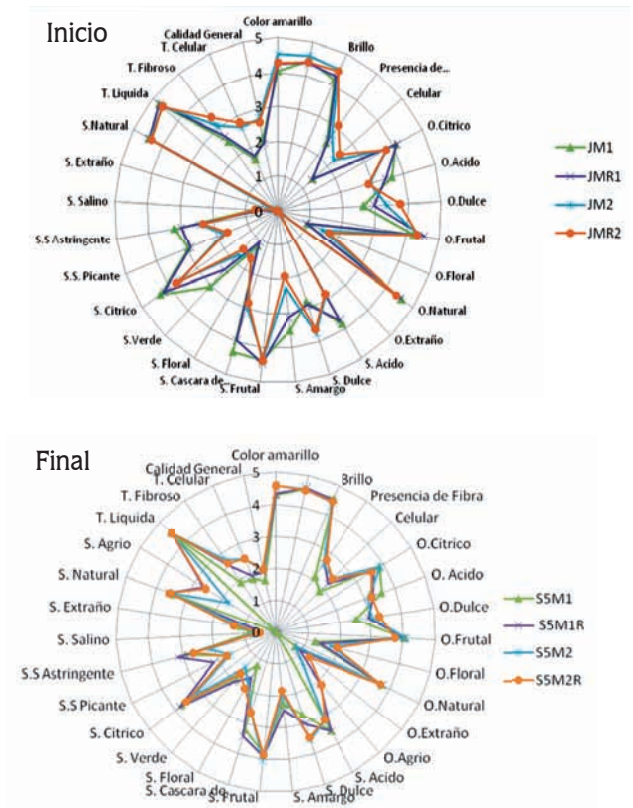


Figura 15. Análisis sensorial por aproximación multidimensional de frutos mandarina ‘Clementina’ almacenados a 4°C durante 4 semanas y 7 días a 20°C.

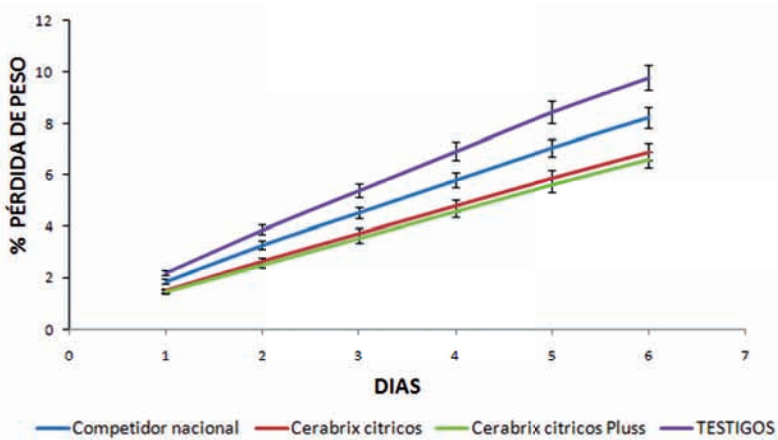


Figura 16. Pérdida de peso de frutos de naranja ‘Valencia’ encerados y sin encerar en condiciones ambientales en Medellín ($\pm 22^{\circ}\text{C}$).

También se obtuvo una reducción de pérdida de peso con el encerado (mezcla de resina natural modificada con cera carnauba, 18-20% p/p) en limón ‘Tahiti’ y mandarina ‘Oneco’ a temperatura ambiente, aunque no se observaron diferencias significativas en mandarina ‘Oneco’ respecto al testigo (**figura 17**). Para limón ‘Tahiti’ cabe destacar que entre el 3° y el 4° días ya se alcanzan pérdidas de peso superiores al 5% para Cerabrix y competidor nacional 2⁴⁹.

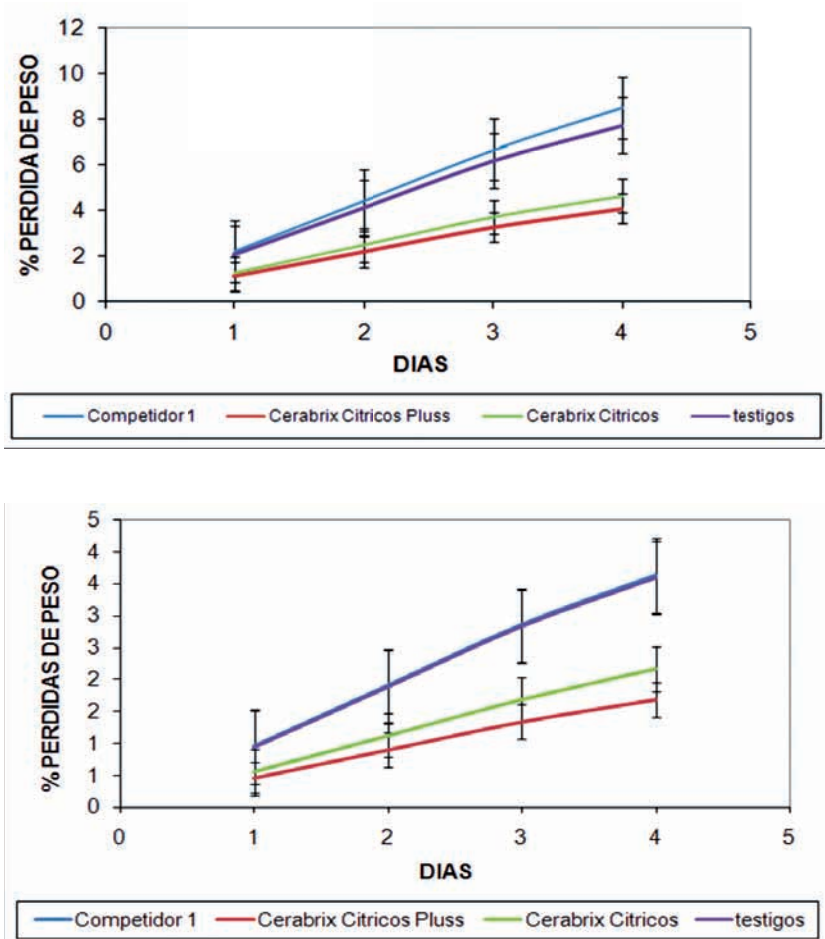


Figura 17. Pérdida de peso en frutos de limón ‘Tahiti’ y mandarina ‘Oneco’ encerados y sin encerar en condiciones ambientales en Medellín ($\pm 22^{\circ}\text{C}$).

El manejo de las ceras en Colombia y su perspectiva en los consumidores es muy diferente respecto a otros países, como por ejemplo, España. Para los productores y comercializadores de frutas locales, la importancia de un recu-

brimiento se basa principalmente en la mejora de la apariencia externa del fruto (incremento del brillo), dejando en un segundo plano las reducciones por pérdida de peso y conservación de las mismas. En otros países el aspecto del brillo no es tan importante, y por eso se aceptan brillos medios en detrimento de una buena conservación⁴⁹.

En Colombia son necesarios más estudios sobre ceras y recubrimientos en función de la especie, el cultivar, el índice de madurez, la localidad y el almacenamiento, para conseguir una mejor manipulación y calidad de producto.

El sector de cítricos ha empezado a abordar el cambio que supone la implementación de métodos de producción y manipulación de frutos que aseguren la calidad de los mismos desde el punto de vista de residuos químicos, así como de respeto al medioambiente. Es por ello que se están introduciendo ceras formuladas a base de compuestos naturales en detrimento de los compuestos sintéticos derivados del petróleo. En este sentido se están comercializando ceras con componentes totalmente comestibles (GRAS, Generally Recognize as Safe) aptas para cítricos y otros frutos como caqui, ciruela, entre otros⁵¹.

Clasificado y empacado.

Los frutos cítricos son clasificados por su tamaño (calibrado). El calibrado puede ser manual o mecánico. En el calibrado manual se suele utilizar una serie de láminas de cartón o madera agujereadas de acuerdo con los calibres estándar de mercado. El calibrado mecánico puede realizarse por rodillos basculantes en los que la fruta apenas sufre impactos. Para asegurar la medida del máximo diámetro la máquina hace rodar el fruto mientras este avanza. El calibrado electrónico representa el mayor avance de la aplicación de la tecnología: peso, diámetro, volumen o color se miden por copas de pesado en cámaras de visión artificial. Se pueden integrar programas codificados con los parámetros de color y peso, en la misma máquina.

Los calibradores no deben dañar los frutos y deben estar dimensionados para la fruta de menor tamaño, y contar con un sistema de salida fluido para obtener un rendimiento adecuado.

Una vez calibrada la fruta debe ser clasificada por aspecto externo. La clasificación admite tres categorías Extra (sin defectos), I (ligeros defectos de forma, coloración inherentes a la formación del fruto o cicatrices de origen mecánico), II (defectos de forma, coloración, corteza rugosa y alteraciones en la epidermis cicatrizadas).

Una vez finalizado el proceso de selección y clasificación, se procede al empaquetado y etiquetado en función de las exigencias y normativas del punto de venta del producto. De forma general, los empaques pueden ser de diversos materiales como la madera, el cartón, el plástico y combinaciones de ellos (**figura 18**). Son preferibles los empaques que pueden ser recuperados, reciclados o reutilizados.

Dependiendo de su grado de calidad y de las exigencias del cliente, el empaque puede ser hecho de forma manual individual, lo que supone un alto valor añadido, o puede hacerse de forma semiautomática o totalmente automática. Otro tipo de empaque, requerido normalmente por las grandes superficies, es el enmallado, que suele hacerse de forma totalmente automática en pequeñas bolsas prepesadas, que posteriormente se empaquetan en cajas de madera o cartón y facilitan su venta al consumidor de forma individualizada.



Figura 18. Envases usados para cítricos.

Por último, las cajas se apilan formando pallets y posteriormente estos se enmallan o aseguran con flejes y cantoneras, para eliminar el riesgo de desplome.

Una vez formados los pallets, estos pueden ser cargados directamente en vehículos refrigerados para su transporte, lo que exige un preenfriamiento

previo, o pueden ser almacenados dentro de las cámaras refrigeradas hasta su expedición al mercado. En el almacenamiento se debe tener en cuenta la seguridad de la carga: es necesario que el aire circule entre la fruta; entre las paredes y los pallets o bins se deben dejar 25 cm; entre los pallets o bins y el techo 1.5 m como mínimo; longitudinalmente los pallets o bins deben dejar entre sí 15 cm.

La siguiente lista de chequeo puede ser usada en la inspección de potenciales daños en una línea de confección:

- Caídas en superficies no protegidas.
- Protuberancias en superficies de impacto.
- Cambios de dirección en el flujo del producto.
- Velocidades exageradas en los componentes de la línea y en los rodillos y cepillos.
- Ángulos muy agudos en los platos de transferencia⁵².

Son numerosos los daños que pueden producirse por una mala o inadecuada manipulación; entre los más comunes se pueden citar:

- Daños por tipo de envases utilizados (**figura 19 a**).
- Daños por los cepillos (**figura 19 b**).
- Daño por productos químicos (dosis) (**figura 19 c** –excesiva concentración de ortofenilfenato sódico- SOPP).
- Daños por inmersión en agua caliente (**figura 19 d**).
- Daños por el tipo de cera utilizada (aplicación) (**figura 19 e**).
- Daños en el proceso de secado de la fruta.

Para realizar una adecuada manipulación poscosecha es indispensable una correcta limpieza y la desinfección de todos los elementos de la Central Hortofrutícola: línea de tratamiento, suelo del almacén, cajones y/o bins, y cámaras frigoríficas.

En Colombia el proceso de manipulación poscosecha de los frutos cítricos es aún artesanal (**figura 20**), sobre todo, para los pequeños productores debido a que el mercado doméstico es aún muy representativo; sin embargo, algunas grandes empresas efectúan el proceso poscosecha esquematizado en la **figura 21**.

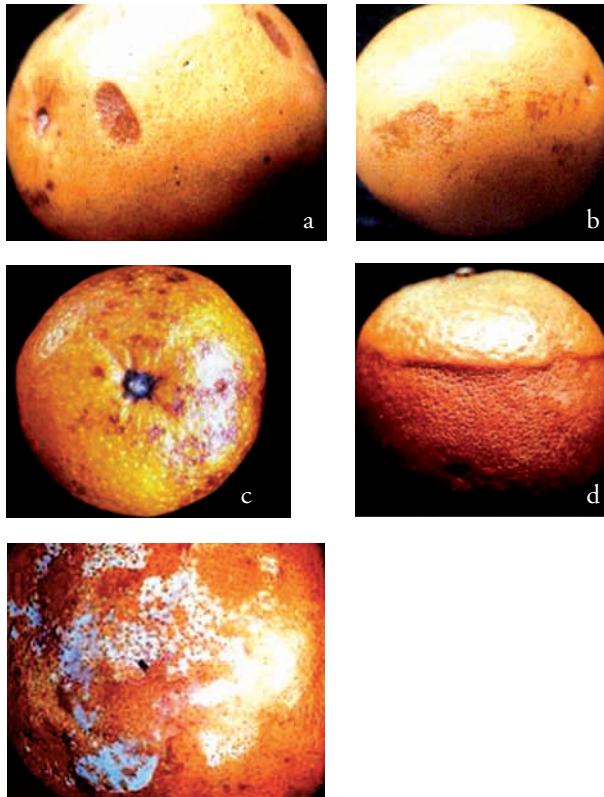


Figura 19. Daños que pueden producirse por una mala o inadecuada manipulación: a) daño por excesiva presión en el empaqueo; b) daño por cepillado; c) daño por excesiva concentración de SOPP; d) daño químico por agua caliente; e) fractura de la capa de cera.



Figura 20. Proceso de selección realizado por pequeñas empresas de cítricos en Colombia.

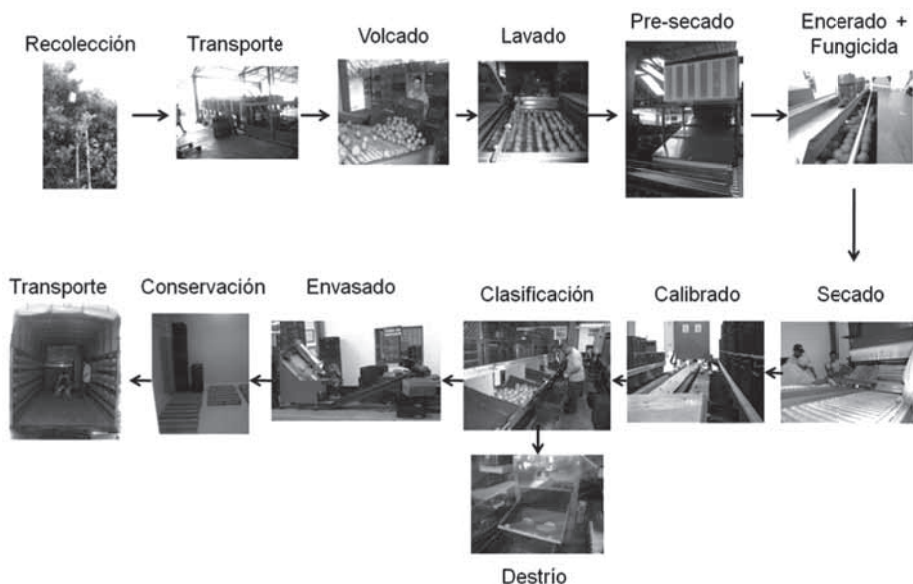


Figura 21. Proceso poscosecha general realizado en Colombia en el suroeste antioqueño.

En general, la recolección se hace a mano. Los frutos se remueven con una ligera rotación, sin embargo, en las mandarinas y tangelos la piel es más susceptible a daños por lo que se deben usar tejas, aunque en algunas zonas del país esto se ve muy dificultado por la topografía de los terrenos y el porte de los árboles. Este último factor debería de ser analizado, y replantear el uso de podas para bajar el porte de árboles o porta-injertos nacionales enanizantes, y analizar costos y beneficios. Tradicionalmente los frutos se comercializan en bultos o a granel, lo cual genera pérdidas poscosecha del 35%. En la actualidad el transporte a los supermercados se hace en cajas plásticas para reducir las pérdidas. Cuando la fruta se confecciona antes de llegar al consumidor, las cajas llegan a la empacadora, se eliminan las frutas dañadas y el resto se lava con agua y detergente, luego se cepilla, se seca y normalmente el encerado se lleva a cabo con ceras con fungicidas como imazalil y tiabendazol. Posteriormente, la fruta se empaqueta en cajas de 20 Kg, en bandejas, mallas, o combinación de estos, para su envío final al punto de venta⁵³.

Tal y como se ha expuesto en el diagrama de flujo al principio de este apartado, los frutos cítricos pueden ser sometidos directamente al proceso de confección para su presentación al mercado o, bien, expuestos a tratamientos poscosecha específicos como desverdización o almacenamiento frigorífico (frigoconservación) previamente a su confección definitiva o frigoconservación antes de comercialización.

Desverdización

La desverdización es el tratamiento poscosecha que tiene como único fin, modificar el color externo del fruto incidiendo lo menos posible en los restantes parámetros de calidad. El color externo de los cítricos es un atributo de calidad, y el consumidor relaciona normalmente el color externo del mismo con su calidad interna. Lo que hace la desverdización es aprovechar la circunstancia de que algunas variedades de cítricos, especialmente las tempranas, alcanzan un nivel suficientemente elevado en azúcares y componentes aromáticos, y suficientemente bajo de acidez para ser agradables al paladar, antes de alcanzar la plena coloración externa (**figura 22**). Con la aplicación de esta técnica se puede adelantar la comercialización y poner el producto en el mercado en momentos de baja oferta y alta demanda, con las consiguientes ventajas económicas que esto trae. La desverdización de los frutos cítricos es una práctica habitual en países como España, Portugal, Israel y Estados Unidos.

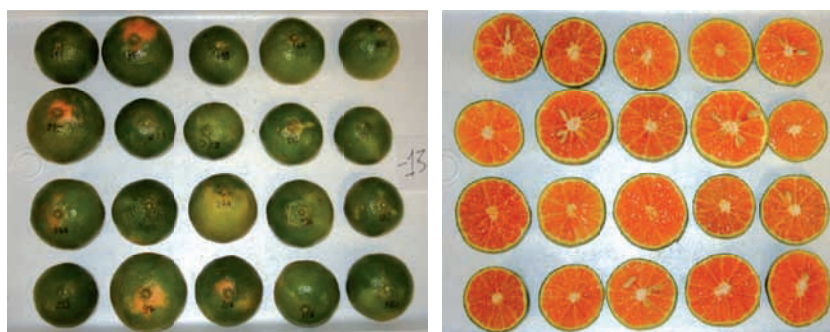


Figura 22. Mandarina 'Clementina' de coloración externa verde (Índice de Color = -13, $IC = 1000 \cdot a / L \cdot b$), pero con índice de madurez interno listo para consumo (IM = 10).

El tratamiento de desverdización consiste básicamente en la aplicación de etileno exógeno en condiciones controladas de temperatura, humedad relativa, concentración de anhídrido carbónico y concentración de oxígeno. Entre los distintos sistemas de desverdización, el flujo continuo intermitente, con 2-5 ppm de etileno, humedad relativa del 90% y temperatura entre 20-22°C, CO_2 inferior al 0,2% es el más utilizado⁵⁴.

En la **figura 23**, se pueden observar las cabinas de desverdización construidas por Cenicafé (Centro Nacional de Investigaciones de Café) para investigación y la cámara de desverdización comercial existente en la empresa Frudelca S. A.



Figura 23. Cabinas de desverdización experimentales desarrolladas por Cenicafe⁵⁵ para investigación y Cámara de desverdización comercial de la empresa Furdelca S. A.

En la aplicación del tratamiento hay que tener en cuenta que el etileno no solo activa las reacciones implicadas en el cambio de coloración de la piel del fruto, sino que, dependiendo de su concentración y otros factores como temperatura, humedad relativa, concentración de CO_2 y O_2 y duración del proceso, puede incidir en mayor o menor medida en otros procesos metabólicos no deseables que impliquen pérdida de calidad del fruto, tales como intensidad respiratoria, senescencia del fruto, especialmente de su piel⁵⁴. Algunos de los problemas que surgen como consecuencia del tratamiento de desverdización, tales como deshidratación de la zona peripeduncular, ennegrecimiento y caída del cáliz, oscurecimiento y deshidratación de la corteza, aparecen durante el período de comercialización y van a acentuarse con el tiempo de almacenamiento posterior al tratamiento (**figura 24**).



Figura 24. Daño por desverdización en mandarina: frutos con cáliz verde, iniciando, negros y caídos (de izquierda a derecha, respectivamente).

Esta técnica debe aplicarse cuando la madurez interna del fruto cumple los requisitos mínimos de calidad, y teniendo en cuenta que el fruto haya iniciado el viraje de color. Por otro lado, es conveniente que las partidas de fruta que vayan a ser desverdizadas tengan una coloración homogénea, lo que obliga a realizar una selección por color externo previo al proceso. La tecnología actual permite realizar la clasificación por color mediante máquinas que trabajan con células fotoeléctricas que seleccionan los frutos por la luz que reflejan. Su uso permite adecuar la duración del tratamiento en función del color inicial de la fruta, reduciendo la incidencia de alteraciones por exceso de tratamiento.

En la actualidad, con la ampliación de mercados, el tiempo de comercialización se alarga, y las restricciones cuarentenarias exigidas por parte de otros países como EE. UU. y Japón implican que las condiciones de transporte comporten un riesgo para la aparición de alteraciones. Así, la incorporación de nuevas tecnologías como es la desverdización con baja o nula concentración de etileno y con mínima duración del tratamiento en función del color de destino constituye un objetivo de sumo interés en la actualidad.

En el Departamento de Postcosecha del IVIA (Valencia, España), se ha estudiado la respuesta al tratamiento de desverdización con baja o nula concentración de etileno de algunas variedades, y se han obtenido muy buenos resultados con la desverdización sin etileno (figura 25)^{35, 56}.



Figura 25. (a) Aspecto de los frutos de mandarina cv. 'Marisol' recién recolectada (Índice de Color inicial promedio = -2.9). (b) Aspecto de los mismos frutos desverdizados sin etileno durante 72h a 20°C, y posterior almacenamiento de 21 días a 0,8-1,8°C + 7 días a 5°C + 7 días a 20°C (simulación de exportación a Japón).

Salvador et al⁴⁵, con los datos obtenidos en experiencias con mandarinas y naranjas tempranas, ofrecen unas recomendaciones de tratamientos de desverdización, que se adaptan a los grupos de color que pueden obtenerse en los almacenes de manipulación con los calibradores electrónicos actuales (**tabla 4**).

Tabla 4. Recomendaciones para el tratamiento de desverdización de mandarinas y naranjas de España exportadas a U.E., EE.UU., o Japón

IC inicial (1000*a/L*b)	U.E.		USA-Japón	
	Mandarinas	Naranjas	Mandarinas	Naranjas
IC < -13	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
-13 > IC < -5	72h con etileno	No se aplica	48-72h con etileno	No se aplica
-5 > IC < +3	48h con etileno 72h sin etileno	72h con etileno	48-72h sin etileno	48-72h con etileno
IC > +3*	24h con etileno	48h con etileno	24h sin etileno	24h con etileno
	48h sin etileno	72h sin etileno		48h sin etileno

*No se requiere tratamientos de desverdización para IC > +7.

El cambio de color de los frutos cítricos en las regiones subtropicales se produce cuando las temperaturas nocturnas del aire y del suelo son inferiores a 12,8 y 12,0°C, respectivamente; en general, en los climas tropicales estos frutos no alcanzan el color naranja característico debido a que durante la fase final de su desarrollo no han sido expuestos a bajas temperaturas⁵⁷, por lo que el tratamiento de desverdización se hace interesante no solo para adelantar producción, sino también para alcanzar el color naranja típico de la variedad.

Como se pudo observar en el apartado de Normas de Calidad, el índice de color más frecuente para mandarina ‘Clementina’ en la zona del suroeste antioqueño (Colombia) se sitúa entre -11 y -7, muy lejos del color naranja típico, aunque organolépticamente se encuentre apta para consumo (IM =11).

En Colombia se presenta una dificultad añadida, dado que en nuestras condiciones se encuentran simultáneamente todos los estadios fenológicos de desarrollo en el árbol; así mientras que en los países subtropicales se recomienda cosechar para desverdización los frutos cuando se ha iniciado el viraje de color, en Colombia la recomendación sería realizar la cosecha cuando más del 50% de los frutos presenten este estado y posiblemente habría que hacer varios pases para cosechar los frutos mas retrasados en el desarrollo, lo que implicaría un mayor costo.

En Colombia, son muy pocos los estudios en desverdización de cítricos realizados hasta el momento. En Cenicafé⁵⁵, evaluaron las condiciones óptimas de temperatura y concentración de etileno para el desverdizado de naranja ‘Valencia’, producida sobre patrones Sunki x English (SE) y “Swingle” citrumelo (CPB), y coloraciones externas 2 y 4 (Norma Técnica Colombiana NTC 4086). Los autores recomendaron para naranja ‘Valencia’ sobre el patrón SE un desverdizado con 8 ppm de etileno, 25°C, 85% HR, durante 5-6 días; mientras que para ‘Valencia’ sobre CPB recomendaron 12 ppm, 25°C, 85%HR, durante un período de tiempo de 8-9 días (**figura 26**), aunque observaron un incremento del deterioro físico de los frutos con la aplicación de este tratamiento.



Figura 26. Aspecto final de naranja ‘Valencia’ proveniente de patrón Sunki x English desverdizada con 8 ppm de etileno y 25°C (Izq.), y proveniente de patrón CPB desverdizada con 12 ppm (Der.)⁵⁵.

Estas concentraciones recomendadas son demasiado elevadas comparadas con las dosis actuales de etileno aplicadas hoy día en diferentes países del mundo para desverdización. Como vimos anteriormente, el etileno es eficiente para el cambio de color de la piel en los frutos cítricos a muy bajas concentraciones. Concentraciones muy altas de etileno provocan graves daños y cambios de calidad en los frutos.

En estudios de frigoconservación realizados por Corpoica y la Universidad de Antioquia, se observó un aumento del color inicial en frutos de mandarina ‘Clementina’ recolectados con IM 14 y almacenados en atmósfera normal libre de etileno durante 21 días a 1°C y posterior período de comercialización (7 días a 20°C) (**figura 27**).

El estudio y optimización de los tratamientos de desverdización en función de las características iniciales de la fruta se hace necesario en nuestro país para una correcta utilización de esta técnica, y para aprovechar todas las ventajas que la misma representa.

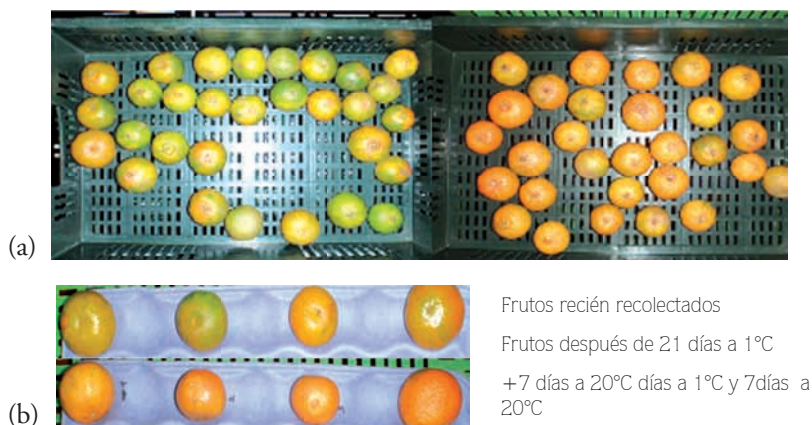


Figura 27. Evolución del color en mandarina 'Clementina' recién recolectada (a: izq.; b: sup.) y después del almacenamiento en atmósfera normal libre de etileno durante 21 días a 1°C y 7 días a 20°C (a: der.; b: inf.).

Frigoconservación

La conservación a baja temperatura es la tecnología poscosecha más utilizada y eficaz para alargar el período de vida útil de frutas y hortalizas.

Mantener las frutas dentro de sus rangos óptimos de temperatura y humedad relativa es el factor más importante en el mantenimiento de su calidad. La temperatura de almacenamiento deberá ser siempre superior a la del punto de congelación para los productos no sensibles al frío y a la temperatura mínima recomendada para los productos sensibles al frío⁹.

En el caso de los frutos cítricos el almacenamiento frigorífico o frigoconservación es utilizado con los siguientes fines:

- Alargar el período de comercialización de las variedades tardías aprovechando períodos favorables de comercialización.
- Mantener la calidad durante el transporte a mercados distantes.
- Servir de pulmón para abastecer la línea de almacén en momentos en que las condiciones climatológicas (fuertes lluvias, por ej.) no permiten la recolección.
- Realización de tratamientos cuarentenarios por frío para el control de insectos en frutos exportados a determinados países que los exigen.
- Dilatar el abastecimiento a las fábricas de derivados de cítricos.

La aplicación de bajas temperaturas implica las siguientes consecuencias:

- Reduce la presión de vapor y con ello la velocidad de deshidratación.
- Disminuye la velocidad de respiración: por cada descenso de 10°C de temperatura esta velocidad se reduce aproximadamente a la mitad, retrasando la evolución hacia la senescencia.
- Reduce la velocidad de germinación de esporas y crecimiento de micelios, por lo que se retrasa la evolución de alteraciones patológicas, y reduce la contaminación de los frutos sanos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los cítricos, así como otros frutos tropicales y subtropicales, presentan una especial sensibilidad a las bajas temperaturas, que se manifiesta por distintas alteraciones y manchas en la piel, conocidas generalmente como lesión de frío, daño por frío o chilling injury (CI), y que pueden implicar una alta pérdida de calidad comercial.

Las distintas especies y variedades de cítricos presentan diferente susceptibilidad a los daños por frío. En general, las naranjas y mandarinas son menos susceptibles a los daños por frío que las limas, limones y pomelos. Se ha comprobado, que los cítricos con un bajo contenido en compuestos fenólicos y con una actividad débil de la polifenol-oxidasa, se muestran más resistentes a los daños por frío⁵⁸.

- En cítricos, los daños por frío pueden mostrar diversas sintomatologías; sin embargo, los síntomas más comunes son:
- Picado o “Pitting”: es la manifestación más común, se caracteriza por depresiones en la piel de forma más o menos circular con una ligera decoloración y que posteriormente se oscurecen (**figura 28**).
- Escaldado: ocurre sobre todo en frutos sobre-maduros y se caracteriza por un oscurecimiento difuso de la piel de forma irregular que se extiende paulatinamente por la superficie del fruto (**figura 29**).
- “Oil-darkening” o Ennegrecimiento de las glándulas oleíferas: a la que puede contribuir la alta humedad del almacenamiento y que cuando este se prolonga puede extenderse y confundirse con el escaldado.
- “Watery break-down”: descomposición acuosa en que los frutos toman aspecto esponjoso y blando como si se hubiesen congelado (**figura 29**).
- Membranosis o pardeamiento del albedo y membranas de los carpelos en limones (**figura 29**).

- En casos severos también puede ocasionar pérdida de sabor y mayor susceptibilidad a las podredumbres^{59, 60, 74}



Figura 28. "Pitting" en naranja y pomelo.

Fuente: Martínez⁶⁰



Figura 29. Escaldado en naranja 'Salustiana', pardeamiento de albedo en limón y descomposición acuosa en pomelo.

La manifestación de los síntomas de daños por frío puede iniciarse en la misma cámara de conservación, siempre después de un cierto tiempo de permanencia en frío. El riesgo de la aparición de síntomas es tanto mayor, cuanto mayor es el tiempo de permanencia en cámara y menor la tempe-

ratura, y estos se manifiestan totalmente cuando la fruta es transferida a temperatura ambiente. En algunas ocasiones estos síntomas no se hacen visibles mientras la fruta permanece en cámara, y se manifiestan solamente a la salida de la misma⁶¹.

Las respuestas a los daños por frío son reversibles para tiempos de exposición cortos, pero en caso contrario los daños son irreversibles⁶². Los cítricos conservados a temperaturas críticas manifiestan un incremento de su actividad respiratoria cuando son trasladados a temperatura ambiente⁶³. Entre los diversos parámetros relacionados con los daños por frío estudiados podemos citar la pérdida de electrolitos, emisión de aceites esenciales como d-limoneno, activación de enzimas relacionadas con el metabolismo de fenoles como la fenilalanina amonio-liasa (PAL), producción de etileno, respiración y contenido de volátiles (acetaldehído y etanol)⁶⁴.

A pesar de que las bajas temperaturas y la susceptibilidad varietal a las mismas son determinantes en la aparición de daños por frío, existen otros factores capaces de modificar la tendencia a su manifestación. Entre ellos cabe citar⁶⁵:

- **Momento de recolección:** en general, los frutos maduros toleran temperaturas más bajas que los frutos inmaduros. Para pomelo, por ejemplo, se ha demostrado que son más susceptibles los frutos cosechados tanto al principio como al final de la campaña.
- **Zona de cultivo:** se han encontrado diferencias debidas a características climáticas y culturales. Por ejemplo, los frutos de zonas calientes son más sensibles que los frutos de zonas frías.
- **Tamaño del fruto:** en general son siempre más susceptibles los de pequeño diámetro.
- **Posición del fruto en el árbol:** son más susceptibles los frutos cosechados en la parte externa.

En la **tabla 5**, se presentan recomendaciones para condiciones óptimas de almacenamiento y respectivo período de vida útil para frutos cítricos. En general, la humedad relativa debe estar cerca del 90% y la renovación de aire debe asegurar que el nivel de etileno sea inferior a 1 ppm. Sin embargo, no hay que olvidar que estas recomendaciones se aplican para el país donde fueron ensayadas, y que para el caso específico de Colombia harían falta evaluaciones para determinar con exactitud las condiciones óptimas de almacenamiento para especies/variedades cultivadas en el país y en función de la zona de cultivo.

Cuando no hay otra posibilidad, los frutos cítricos se pueden almacenar junto con frutas tropicales como la papaya, el mango, la guayaba y la piña por encima de 10°C a 90% de humedad relativa en la misma cámara de frigoconservación, y nunca se deberían almacenar junto a cebollas, coles, o ajos.

Tabla 5. Condiciones de almacenamiento recomendadas para cítricos.

Especie / Cultivar	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Período de almacenamiento (semanas)
(1) Naranja dulce			
Naranja Sanguinea	5-7	85-90	8-10
Valencia (California y Arizona)	3-9	85-90	4-8
Valencia (Florida y Texas)	1-2	85-90	8-12
Valencia, Navel (Spain)	2-3	85-90	4-8
Washington Navel (California)	5-7	85-90	6
Shamouti	5-6	85-90	8-12
(2) Mandarinas y híbridos			
Ponkan	4-6	85-90	4-5
Satsuma	2-3	80-85	12-18
Clementina	3-4	85-90	4-6
Clementina (España)	4-5	85-90	4
Ellendale, Murcott, 'Nagpur'	6-7	85-90	6-8
Temple, Orlando, Dancy	4-6	90-95	2-5
Kinnow mandarin	3-4	85-90	8-12
(3) Limones			
Verde oscuro	13-14	85-90	16-24
Verde claro	13-14	85-90	8-16
Amarillo	10-12	85-90	3-4
(4) Limas			
Tahití	9-10	90-95	6-8
(5) Toronja			
Texas y Florida grapefruit	10	90-92	4
California y Arizona grapefruit	14-15	90	5-6
Foster, Ruby, Saharanpur Special	9-10	90	16-20
(6) Pomelo			
	8-9	85-90	10-12

Fuente: Ladaniya⁶⁶

En Antioquia, se han adelantado estudios de frigoconservación en mandarina 'Clementina'. Carvalho et al⁵⁰ observaron daños por frío en ambos frutos de mandarina 'Clementina' con dos índices de madurez (10 y 13), almacenados durante de 2 semanas a 4°C y 7 días a 20°C (**figura 30**).



Figura 30. Frutos de mandarina 'Clementina' (IM 10 y 13) con síntomas de daño por frío ("pitting" con oleocelosis) después de 2 semanas a 4°C mas 7 días a 20°C.

Además, en esta experiencia se observó que los factores: índice de madurez y tiempo de almacenamiento fueron significativos para casi todos los descriptores sensoriales analizados por un panel sensorial de 8 catadores entrenados, así como su interacción. Los frutos más verdes presentaron un contenido de ácido ascórbico y de polifenoles totales significativamente mayor, diferencias que se mantuvieron hasta el final del período de almacenamiento. El contenido en hesperidina también fue superior en los frutos más verdes, sin embargo, su contenido disminuyó durante el almacenamiento en frío, y aumentó cuando los frutos se trasladaron a 20°C, probablemente como respuesta al estrés por frío. El almacenamiento en frío no afectó de manera significativa los parámetros de °Brix y acidez, sin embargo, el rendimiento en zumo fue afectado por el tiempo de almacenamiento, así como el descriptor de calidad general del zumo en el análisis sensorial, por lo que se deben evitar períodos largos de almacenamiento.

Hay que tener en cuenta que la duración del almacenamiento puede estar afectada por factores pre-recolección como patrón, condición del árbol, prácticas culturales, momento de la recolección, climatología, y manipulación poscosecha (retraso entre recolección y enfriamiento, tratamientos fungicidas, recubrimientos, entre otros)⁶⁷.

El índice de madurez en el momento de cosecha es determinante en la duración del almacenamiento para mandarinas, naranjas y tangelos, debido a que durante la frigoconservación se produce un incremento del mismo, como consecuencia de la disminución del contenido de acidez, que puede alcanzar valores que correspondan a sabores de una cierta insipidez⁶⁸.

Algunos autores relacionan el sabor con los sólidos totales y el índice de madurez en un gráfico en forma de lengua (**figura 31**) que delimita la aceptabilidad y que, lógicamente, estará influenciado por la variedad y tipo de consumidor. Además, índices de madurez inicial altos suelen ir unidos a altas concentraciones de volátiles al final de la conservación con la consiguiente repercusión negativa en el sabor-aroma. Los cambios en el índice de madurez no son tan determinantes en la duración de la conservación de limas, limones y pomelos⁵⁶. En la utilización de este diagrama se debe tener en cuenta que este fue elaborado a partir de zumo y no de fruta fresca, y para determinadas variedades de mandarinas.

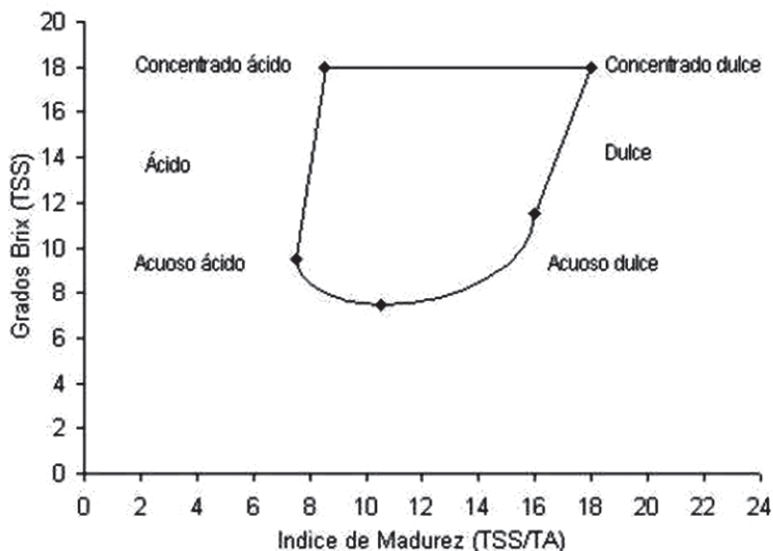


Figura 31. Diagrama de lengua de Pritchett con límites de aceptabilidad del sabor de mandarinas 'Clementina'.

La sensibilidad al frío de algunas variedades puede reducirse con la utilización de técnicas como las de acondicionamiento a media o alta temperatura, calentamiento-enfriamiento intermitente y utilización de recubrimientos^{66, 67, 69, 70}.

La falta de una refrigeración adecuada durante la comercialización de un producto puede llegar a suponer importantes pérdidas, valoradas en un 40% en caso de frutas y verduras⁷¹. La cadena de frío no es algo menor y juega un papel primordial dentro de la cadena de abastecimiento, a fin de evitar errores y deficiencias que pueden ser determinantes cuando se aumentan los servicios relacionados con la logística.

El concepto conocido como “cadena de frío” no es más que la sucesión de procesos logísticos (almacenaje, distribución, embalajes, transporte, carga y descarga) con una temperatura y humedad relativa controlada, desde el mismo momento inicial de la producción del producto, hasta el punto de venta final. Los eslabones de la cadena de frío son:

- Pre-enfriamiento o almacenamiento en frío previo al transporte.
- Transporte refrigerado.
- Cámara refrigerada en los puntos de venta.
- Exhibición y venta en un equipo refrigerado.

Se debe recalcar que la ausencia o fallo que se cometa en alguna de estas etapas dentro de la estructura logística repercute negativamente en la calidad final del producto.

Uno de los inconvenientes que tiene el mantenimiento de la cadena de frío es el elevado coste que representa, sin embargo, hay que tener en cuenta que la inversión realizada repercutirá positivamente en los beneficios obtenidos.

Conclusiones y recomendaciones

Actualmente, en Colombia se están cosechando los frutos cítricos con un índice de madurez muy alto, cuando se podría cosechar con índices más bajos, y aprovechar las calidades nutricionales de los frutos menos maduros, así como su mayor resistencia a la manipulación y mayor período de vida útil.

En este momento, en el país se requieren alternativas para las ceras comercializadas para cítricos, el proceso no se emplea de una forma adecuada y el sector productivo no ha entendido su importancia. Deben realizarse estudios y evaluaciones de ceras y recubrimientos en función de la especie / variedad,

índice de madurez, localidad y almacenamiento y comercialización, así como del proceso de aplicación. Igualmente, son necesarias campañas de educación con apoyo del gobierno para sensibilizar a los productores, comercializadores y consumidores de su importancia y de las ventajas que representan para los alimentos y para la cadena de distribución. Además, falta una regulación nacional sobre ceras y recubrimientos a aplicar en alimentos, lo que fomenta la competencia desleal y pone en causa la seguridad de los consumidores.

La floración continua en el año frustra la transferencia y aplicación de tecnologías poscosecha ampliamente utilizadas en otros países, dificulta la uniformidad del producto, exige un mayor costo en jornadas de recolección, y dificulta y ralentiza el proceso de cosecha. Es necesario el estudio y la evaluación en campo de alternativas como mejoramiento vegetal, la poda o la aplicación de reguladores del crecimiento, con la finalidad de concentrar floraciones en el año que faciliten el manejo poscosecha y un aumento de la competitividad.

Urge una norma técnica nacional para mandarinas ‘Clementinas’, así como campañas de degustación y marketing para educar a los consumidores (especial énfasis en los niños) sobre las ventajas e calidades de este grupo de cultivares cítricos.

La desverdización es una técnica que permite alcanzar colores más atractivos para los frutos cítricos, factor primordial en el caso de la exportación. Además, permite adelantar la producción y obtener precios de mercado más altos. Es necesario el estudio y la evaluación en campo para la definición de protocolos nacionales de acuerdo con la especie / variedad, índice de madurez y localidad.

El almacenamiento en frío es la técnica más sencilla y eficaz hasta hoy en el control de enfermedades de poscosecha, permite escalonar y romper la estacionalidad de la oferta, obtener mejores precios y también prolongar el período de vida útil conservando la calidad. Al igual que en el caso de la desverdización, hace falta el establecimiento de protocolos para una adecuada refrigeración comercial.

Cualquier tentativa para mejorar el manejo del producto durante la poscosecha debe ser precedida de una estimación cuantitativa de las pérdidas que acarrea el proceso que se pretende mejorar. Esto determinará los imperativos económicos y sociales de actuación y permitirá que cualquier estrategia de intervención sea accesible en términos de costo / beneficio.

Por razones económicas y científicas se deben dedicar mayores esfuerzos a la mejora de las condiciones de manipulación, transporte, conservación y

distribución para optimizar la cantidad y calidad de la oferta cítrica colombiana en vez de tratar de incrementar la oferta aumentando los recursos productivos. La solución idónea para preservar la calidad global (organoléptica, comercial, microbiológica, nutritiva y sensorial) de los frutos y satisfacer las crecientes exigencias de los mercados internacionales consiste en mejorar los tratamientos poscosecha.

Todas las estrategias para reducir las pérdidas poscosecha y optimizar los procesos requieren de una cooperación transdisciplinaria eficaz en la investigación y de una articulación eficiente entre el sector político, productivo, empresarial, industrial y académico.

En Colombia, es urgente una política nacional para solucionar los siguientes problemas, sin los cuales no es posible ser competitivo en la etapa de poscosecha:

- Infraestructuras: vías de acceso, centrales hortofrutícolas, cadena de frío, entre otros.
- Logística y cercanía de los puertos.
- Agremiación: permite manejar protocolos de calidad, estrategias logísticas, concentración de la producción, continuidad de la oferta por un período más prolongado, mayor fuerza de negociación y mayor estabilidad de precios en el mercado.

Referencias bibliográficas

1. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo no. 107. La cadena de cítricos en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá D. C.: El Ministerio, 2005. 64 p.
2. WILLS, R.; et al. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 4th ed., Sydney, Wallingford: CAB International, UNSW Press, 1998. 262 p.
3. KADER, Adel. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. En: *Acta Horticulturae*. 1999. Val. 485. p. 203-208.
4. BURDON, J. N. Postharvest handling of tropical and subtropical fruit for export. In: S. Mitra (ed.) *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CABI, 1997. p. 1-19.
5. KADER, Adel A. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 2nd Edn. Oakland, CA: University of California - Division of Agriculture and Natural Resources. 1992. 537 p.

6. BRADY, C. J. Fruit ripening. En: *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1987. Vol. 38. p. 155-178.
7. GRIERSON, W. Senescence in fruits. En: *HortScience.* 1987. Vol. 22, No. 5. p. 859-862.
8. ARPAIA, M. L. And KADER, A. A. Recomendations for maintaining postharvest quality. [En línea]. Oakland, CA: Universidad de California, 2000. [Citado el 15 de junio de 2011]. Url disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/fruit.html>
9. KADER, Adel A. Postharvest biology and technology: an overview. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops.* 2a ed. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, 1992. p. 15-19.
10. _____. Respiration and gas exchange of vegetables. In: *Postharvest Physiology of Vegetables.* WEICHMANN, J. (Ed.). New York, USA: Marcel Dekker, 1987.
11. CUQUERELLA, J. Efectos de distintos recubrimientos céreos y plásticos en la fisiología post-recolección y en la calidad de frutos cítricos. Tesis doctoral. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 1990. 204 p.
12. MACHADO-QUEVEDO, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. and ALEIXANDRE, J. L. Effects of films wrapping on keeping quality of fruit and vegetables. En: *II World Congress of Food Technology*, 1987. p. 1205-1218.
13. DAVIS, P. L. and HOFMANN, R.C. Effects of coatings on weight loss and ethanol build-up in juice of oranges. En: *J. Agr. Food Chem.* 1973. Vol. 21. p. 455-458.
14. JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J. y MARTINEZ-JÁVEGA, J. M. Los recubrimientos plásticos en la comercialización de los cítricos. *Levante Agrícola.* 1983. No. 247-248. p. 168-172.
15. BEN-YEHOSHUA, S. Gas exchange, transpiration and the commercial deterioration of orange fruit in storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1969. Vol. 94. p. 524-526.
16. HAAS, A. R. C. and KLOTZ, L. J. Physiological gradient in citrus fruits. En: *Hilgardia.* 1935. Vol. 9. p.181-217.
17. YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience.* 1985. Vol. 20, No. 1. p. 41-45.
18. REID, M. S. Biología de la producción del etileno. En: *Maduración de Frutos.* Eds. Postharvest Outreach Program. Department of Pomology. Davis, California: University of California, 1998. p.3-4.

19. McGLASSON, W. B. Ethylene and fruit ripening. En: Hort Science. 1985. Vol. 20, No. 1. p. 51-54.
20. KADER, A. A. Fruits in the global market. In: Fruit quality and its biological basis. Michael Klee (Ed.). UK : Sheffield Academic Press, 2002. p. 294.
21. ARPAIA, M. L. Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. En: HortScience. 1994. Vol. 29. p. 982-985.
22. CRISOSTO, C. H.; JOHNSON, R.S. and DEJONG, T. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. En: HortScience. 1997. Vol. 32. p. 820-823.
23. FERGUSON, I.; VOLZ, R. and WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. En: Postharvest Biology and Technology. 1999. Vol. 15. p. 255-262.
24. MATTHEIS, J. P. and FELLMAN, J. K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 1999. Vol. 15. p. 227-232.
25. IQBAL, N. and KARACALI, I. Flowering and fruit set behaviour of Satsuma mandarin (*Citrus unshui* Marc.) as influenced by environment. Pakistan. En: Journal of Biological Science. 2004. Vol. 7, No. 11. p. 1832-1836.
26. GOULD, W. P. A hot water/cold storage quarantine treatment for grapefruit infested with the Caribbean fruit fly. En: Proc. Fla. State Hort. Soc. 1988. Vol. 101. p. 190-192.
27. GUERRA, F. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura. Cuba: Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. 1996. p. 242-257.
28. TING, S. V. and ROUSSEFF, R. L. Vitamins In: Ting S. V., Rousseff R. L. (Eds) Citrus fruit and their products: analysis and technology. New York, USA: Marcel Dekker, 1986. p. 121-136.
29. ARPAIA, M. L. and KADER, A. A. Produce Facts: mandarin-tangerine; recommendations for maintaining postharvest quality. Davis: University of California, Postharvest Technology Research and Information Center, 1999. p. 2.
30. FOMESA. Factores de calidad – Nociones previas – Definición de calidad. [En línea]. Valencia, España: Fomesa, 2007. [Citado el 25 de junio de 2011]. Url disponible en: <http://www.fomesa.com/Calidad/Calidad2.htm>.
31. JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J. and MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. Determination of a color index for citrus fruit degreening. [En línea]. Proceedings of the International Society of Citriculture, 1981. Vol. 2. . 750-753. [Citado el 15 de mayo de 2011] Url disponible en: <http://noticias.agroterra.com/citricos/com-valenciana-agricultura-desarrolla-un-medidor-del-color-de-los-citricos-de-facil-manejo/9472>

32. CUQUERELLA, J.; et al. Nuevo sistema de medida de color para cítricos. En: *Rev. Levante Agrícola. Especial Postcosecha*. 2004. No. 372. p. 298-304.
33. SINGH, K. K. and REDDY, B. S. Measurement of mechanical properties of sweet orange. En: *J. Fd. Sci. Technol*. 2006. Vol. 42. p. 442-445.
34. ALONSO, M.; DEL RÍO, M. A. y JACAS, J. Carbon dioxide diminishes cold tolerance of third instar larvae of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) in 'Fortune' mandarins: implications for citrus quarantine treatments. En: *Postharvest Biology and Technology*. 2005. Vol. 36. p.103-111.
35. CARVALHO, C. P.; et al. Efecto del tratamiento de desverdización en la calidad de mandarinas 'Oronules' con vistas a la exportación a Japón. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 2006. Vol. 7, No. 2. p. 104-108.
36. INDECOPI. NORMA PNTP 011.023/2006. Cítricos (mandarinas, tangelos, naranjas y toronjas). Proyecto de Norma Técnica Peruana. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2006.
37. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990. p. 1058-1059
38. NORMAN, S. M. The role of volatiles in storage of citrus fruits. En: *Proceedings of the International Society of Citriculture*. 1977. Vol. 1. p. 238-242.
39. SARIG, Y.; et al. Non-destructive seed detection in citrus fruits. En: *Proc. Int. Soc. Citric. Italy*. 1992. p. 1036-1039.
40. GOLDSCHMIDT, E. E. Effect of climate on fruit development and maturation. In: S.H. Futch and W. J. Kender (eds.) *Citrus Flowering and Fruiting Short Course*. Florida, USA: Univ. of Florida - Citrus Research and Education Center, 1997. p. 93-97.
41. REUTHER, W. Climatic effects and quality of citrus fruits in the tropics. En: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Trop. Reg.* 1980. Vol. 24. p. 15-28.
42. DIXON, R. A. and PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. En: *Plant Cell*. 1995. Vol. 7. p. 1085-1097.
43. HUANG, R.; et al. Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. En: *Scientia Horticulturae*. 2007. Vol. 113, No. 2. p. 166-172.
44. CONESA, E. Equipos y funciones de las líneas de manipulación en centrales hortofrutícolas. IV Curso Internacional Tecnología Postcosecha y Procesado Mínimo. Cartagena, España: ETSIA-UPCT, 2010.

45. SALVADOR, A.; NAVARRO, P. y MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. Tecnología postcosecha de cítricos. En: XI Simposium Internacional de Citricultura– “La citricultura mexicana en el siglo XXI”. [Cd room]. Victoria Tamaulipas, México, 2007.
46. BALDWIN, E. A.; et al. Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees brix, and ascorbic acid levels. En: *J. Agric. Food Chem.* 1995. Vol. 43. p. 1321-1331.
47. HAGENMAIER, R. D. and BAKER, R. A. Citrus fruit with single or layered coatings compared with packinghouse-coated fruit. En: *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 1993. Vol. 106. p. 238-240.
48. HAGENMAIER, R. D. and BAKER, R. A. Internal gases, ethanol content and gloss of citrus coated with polyethylene wax, carnauba wax, shellac or resin at different application levels. En: *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 1994. Vol. 107. p. 261-265.
49. TAO QUÍMICA. Aplicación de ceras para cítricos en Colombia. Oficinas TAO Química S. A. S. Medellín. Entrevista personal. 2011.
50. CARVALHO, C. P.; et al. Efecto del almacenamiento en frío sobre la calidad y contenido de antioxidantes de los frutos de mandarina Clementina. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA y Universidad Pontificia Bolivariana, UPB (Eds.). En: *Memorias VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales. Agroindustria e Innovación*, 2010. p. 37-38.
51. MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M.; SALVADOR, A. and NAVARRO, P. Tecnología postcosecha de frutos cítricos. IV Curso Internacional Tecnología Poscosecha y Procesado Mínimo. Cartagena, España: ETSIA UPCT. 2010.
52. SARGENT, S. A.; et al. Handling, cooling and sanitation techniques for maintaining postharvest quality. In: *Vegetable Production Handbook*. Chapter 18. Florida, USA: Horticultural Sciences Dept. University of Florida. IFAS extensión, 2007. p. 97-99.
53. SÁNCHEZ, L. A.; JARAMILLO, C. and TORO, J. C. Fruticultura Colombiana – Cítricos. Manual de Asistencia Técnica ICA. Bogotá: ICA, 1987. p. 88.
54. CUQUERELLA, J.; NAVARRO, P. y SALVADOR, A. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades de cítricos. En: *Revista Levante Agrícola*. 1999. Especial Postcosecha. No. 348. p. 263-271.
55. PINEDA, R.; RIAÑO, N. y SIERRA, C. Desverdización y control de los factores de desverdización de naranja Valencia. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asociación Nacional de Productores de Cítricos (Asocítricos), Cenicafé (Centro Nacional de Investigación en café “Pedro Uribe Mejía”, Asociación Hortofrutícola de Colombia (Eds). Bogotá, Colombia: Produmédios, 2004. 16 p.

56. MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.; et al. Optimización del manejo de clementinas tempranas con vistas a la exportación a Japón. En: Actas del IV Simposio Ibérico, Maduración y Postcosecha. Oeiras, Portugal. 2004. p. 285-290.
57. CASAS, A. y MALLENT, D. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influencia de la especie, de la variedad y de la temperatura. En: Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 1988. Vol. 28, No. 2. p. 184-202
58. GRIERSON, W. Physiological disorders of citrus fruits. En: Proceedings of the International Society of Citriculture. 1981. Vol. 2. p. 764-767.
59. CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. y JIMÉNEZ-CUESTA, M. Frigoconservación de cítricos. En: Hoja Técnica INIA. 1983. No. 45. p.20.
60. MARTÍNEZ, J. A. Alteraciones fisiológicas, microbianas y daños mecánicos en la post-recolección hortofrutícola. IV Curso Internacional Tecnología Poscosecha y Procesado Mínimo. Cartagena, España: ETSIA-UPCT. 2010.
61. MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. Frigoconservación de cítricos. I Simposio Nacional de Tecnología Postcosecha. Montevideo, Uruguay, 1993. p. 72-82.
62. CHIEN YI WANG, L. Physiological and biochemical responses of plants to chilling injury stress. En: HortScience. 1982. Vol. 17, No. 2. p. 169-186.
63. LYONS, J. M. Chilling injury in plants. En: Annual Review of Plant Physiology. 1973. Vol. 24. p. 445-466.
64. VÁZQUEZ, D. y MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. Determinación de parámetros relacionados con la sensibilidad al frío de frutos cítricos. Subprograma XI "Tratamiento y conservación de alimentos". Medición de la calidad en frutos tropicales y subtropicales con tratamientos físicos de cuarentena. Ponencia No. 4. CYTED, 1997. p. 12.
65. MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. y CUQUERELLA, J. Alteraciones fisiológicas en la post-recolección de frutos cítricos (2ª parte). En: Fruticultura Profesional Mar/Abr 1995. No. 69. p. 57-65.
66. LADANIYA, M. Citrus Fruit: Biology Technology and Evaluation. USA: Elsevier, 2008. p. 336.
67. MARTÍNEZ JÁVEGA, J. M. Estado actual de las aplicaciones del frío en la poscosecha de cítricos. En: Actas del I Congreso Español de Ciencias y Técnicas del Frío. Eds. López, A., Esnoz, A., Artés, F. 2002. p. 433-442.
68. MAZZUZ, C. F. y DEL RÍO, M. A. Aplicación del análisis sensorial al control de calidad de frutos cítricos sometidos a tratamientos cuarentenarios. Workshop "Medición de la calidad en frutos tropicales y subtropicales con tratamientos de cuarentena". Proyecto XI.10 Ed. C. Saucedo y J.M. Martínez-Jávega. CYTED, 1997. p: 16-28.

69. RODOV, V.; et al. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. En: *Postharvest Biology and Technology*. 1995. Vol. 5. p. 119-127.
70. JOHN-KARUPPIAH, K. J.; et al. Short-duration, hot-water treatment for the control of chilling injury and postharvest decay in citrus. En: *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 2004. Vol. 117. p. 403-407.
71. KAMINSKI, W. *Refrigeration and the world food industry*. Paris: IIR, 1995. 33 p.
72. FERRATO, J.A., et al. Incidencia de una nueva práctica de cosecha sobre la calidad poscosecha de frutos de tomate en dos grados de madurez. En: *Horticultura Argentina*. 2010. Vol. 29, No. 70, p. 12-17.
73. MOLINA, M.C. Estudio de la conservación de la naranja variedad valencia (*C. sinensis* Osbeck) encerada a dos temperaturas de almacenamiento. En: *Inventario de las investigaciones realizadas en poscosecha de productos agrícolas en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá*. (Eds. Villamizar, F., Galvis, A., Miranda, D., Ospina, J., Perea, M., Restrepo, P., Flórez, V.). 2004. p. 68.
74. WARDOWSKI, W.F., NAGY, S., GRIERSON, W. *Fresh citrus fruits*. Avi Westport, Connecticut: Publishing Company, Inc. 1986. 571 p.

Control de enfermedades de poscosecha

Catarina P. Pássaro Carvalho*

Carla Nunes**

Lluís Palou***

Resumen

Las enfermedades de poscosecha pueden representar hasta pérdidas económicas del 80% en el sector cítrico. Estas pérdidas son muy variables y dependen de múltiples factores: zona de producción, especie y cultivar, edad y condición de los árboles, condiciones climatológicas durante toda la campaña, época y forma de recolección, manejo de los frutos en poscosecha, condiciones de almacenamiento y mercado de destino.

Los tratamientos más comunes para el control de estas enfermedades son los fungicidas sintéticos. Sin embargo, la aplicación masiva y continuada durante años de materias activas similares (tiabendazol, imazalil, entre otros.) ha generado graves preocupaciones a los consumidores y a las entidades gubernamentales debidas, entre otros motivos, a la contaminación generada por un exceso de residuos químicos y a la proliferación de cepas patogénicas resistentes. Además, hay un marcado cambio de tendencia en la comercialización de productos hortofrutícolas hacia los mercados de productos ecológicos u orgánicos y, al mismo tiempo, los mercados 'tradicionales' están exigiendo el cumplimiento de criterios propios más restrictivos que los límites máximos de residuos (LMR) establecidos por la legislación. Todo ello ha conducido a la búsqueda de alternativas a los agroquímicos para el control de las enfermedades de poscosecha.

* Ing. Agrónoma. Ph.D. en Ing. de Alimentos. C.I. La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (COROPOICA), km 7 vía Las Palmas, Vereda Llanogrande, Rionegro, Antioquia, Colombia.

** Ing. Hortofrutícola. Ph.D. en Agronomía. Universidade do Algarve. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAM). FCT, Ed. 8, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.

*** Ph.D. en Ing. Agrónoma Centro de Tecnología Poscosecha, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Apartado Oficial, 46113 Moncada, Valencia, España.

Correspondencia:
Catarina Pedro Pássaro
Carvalho
cpassaro@gmail.com

En este capítulo se aborda el control mediante estrategias de CINCEP (control integrado no contaminante de enfermedades de poscosecha), que se basan en el conocimiento profundo de la epidemiología de los patógenos y de los factores que determinan su incidencia en precosecha, cosecha y poscosecha para incidir de forma global sobre el problema actuando sobre cada uno de estos factores en el momento adecuado para minimizar las pérdidas económicas. En general, es importante cosechar con el índice de madurez adecuado, siempre con tiempo seco y de forma extremadamente cuidadosa para minimizar heridas en la piel y otros daños físicos. En poscosecha se requieren tratamientos o combinaciones de tratamientos alternativos que, según su naturaleza, pueden ser físicos, químicos de baja toxicidad y biológicos.

Entre los tratamientos físicos se destacan el calor (curado, agua caliente), las irradiaciones (luz UV-C) o los choques gaseosos. Los principales tratamientos químicos alternativos se basan en la aplicación de sustancias naturales (extractos de plantas, aceites esenciales), aditivos alimentarios o recubrimientos comestibles antifúngicos. El control biológico consiste en la aplicación controlada de microorganismos antagónicos a los patógenos.

Palabras clave: cítricos, enfermedades, agentes patógenos, tratamiento.

Postharvest diseases control

Abstract

Postharvest diseases can represent up to 80% of the economic losses in the citrus' sector. These losses can vary a lot, and depend on several factors: The zone of the production, the species and the cultivar, age and condition of the trees, weather conditions during the whole campaign, time and way of the recollection, handling of the products during the postharvest, storage conditions and final market.

The most common treatments for the control of those diseases are the synthetic fungicides, but their massive and continuous application of similar active matters (thiabendazole, imazalil, among others) has generated grave concerns to consumers and to the government authorities due to, among other reasons, contamination generated by an excess of chemical waste and the proliferation of resistant pathogenic strains. Besides, there is a strong shift in the trends for the commercialization of horticultural and fruit products to the ecologic or organic markets and, at the same time, "traditional" markets are demanding the fulfillment of more restrictive criteria which go beyond the maximum waste limits established by law. All of these facts have contributed to the

search for alternatives to replace agro chemical products for the control of postharvest diseases.

In this chapter, CINCEP's (Spanish acronym for not-contaminant postharvest diseases integrated control) control strategies is approached. Those strategies are based on the profound knowledge of the pathogen's epidemiology and on the factors that determine their incidence before, during and after the harvest, in order to globally impact the problem, acting on each one of the factors mentioned at the appropriate moment to minimize economic losses. In general, it is important to harvest with the adequate maturity index, always under a dry weather and with a strict care to minimize skin wounds and other physical damages. During postharvest, treatments or mixtures of alternative treatments of a physical, chemical -with a low toxicity level- and biological order, are required.

Among the physical treatments, some can be remarked: Heat (curing, hot water), irradiations (UV-C light) or gas shocks. The main alternative chemical treatments are based on the application of natural substances (extracts of plants, essential oils) alimentary additives or edible anti-fungal covers. The biological control consists on the controlled application of micro organisms that have an antagonistic role against pathogens.

Key words: citrus, diseases, agents pathogens, treatment.

Introducción

Las enfermedades de poscosecha, es decir, aquellas que afectan a los frutos desde que son recolectados hasta que llegan al consumidor, provocan pérdidas económicas importantes a nuestro sector cítrico. La tendencia actual es restringir el nombre de enfermedades a las que son de origen parasitario, producidas por un organismo vivo, y designar como alteraciones o desórdenes a los problemas de origen abiótico o fisiológico. En poscosecha de cítricos, la gran mayoría de los agentes patógenos causantes de enfermedades son hongos filamentosos y la sintomatología que producen en los frutos son las podredumbres, término que se utiliza para nombrar las propias enfermedades.

Las pérdidas provocadas por las enfermedades son muy variables y dependen del área productora, la especie y el cultivar, la edad y condición de los árboles, las condiciones climatológicas durante toda la campaña, la época y forma de recolec-

ción, el manejo de los frutos en poscosecha, las condiciones de almacenamiento y el mercado de destino. En el ámbito mundial destacan las pérdidas producidas por patógenos de herida estrictos como *Penicillium digitatum* Sacc. o *Penicillium italicum* Wehmer, causantes, respectivamente, de las podredumbres verde y azul (**figura 1**). La incidencia de estas podredumbres es general y elevada (normalmente más del 80% del total de pérdidas por podridos) y, por tanto, constituyen el eje básico de cualquier estrategia de control de enfermedades de poscosecha de cítricos. La infección del fruto tiene lugar a través de heridas o microheridas producidas en la corteza antes, durante o después de la recolección. Otra podredumbre de herida que ocasionalmente puede ser importante es la ácida, causada por *Geotrichum citri-aurantii* E. E. Butler. Otras podredumbres de poscosecha son las causadas por patógenos que infectan el fruto en precosecha pero que, por causas diversas, permanecen latentes o inactivos, hasta después de la recolección. Este es el caso de la podredumbre negra (causada por *Alternaria* spp.), la gris (*Botrytis cinerea* Pers.:Fr.), la marrón (*Phytophthora citrophthora* Leonian), las pedunculares (*Diplodia natalensis* P. Evans y *Phomopsis citri* Fawcett), la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Sacc.) u otras, cuya incidencia es menor y únicamente pueden resultar importantes en campañas, zonas o condiciones concretas.

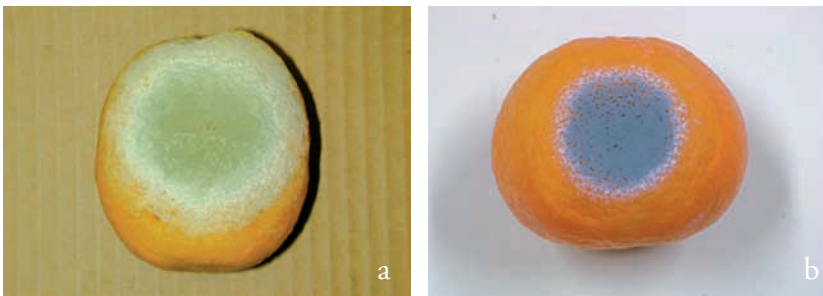


Figura 1. Podredumbre verde causada por *Penicillium digitatum* en naranja (a) y podredumbre azul causada por *Penicillium italicum* en mandarina (b).

Tratamientos fungicidas

El control de enfermedades de poscosecha se hace mayoritariamente mediante tratamientos en las centrales citrícolas con fungicidas químicos de síntesis. Son tratamientos relativamente económicos, fáciles de aplicar, persistentes, típicamente con acción curativa frente a infecciones fúngicas establecidas, y preventiva frente a posibles infecciones posteriores a la aplicación. Además, muchos presentan también actividad antiesporulante.

Son muchos los fungicidas usados comercialmente en distintas zonas cítricas del mundo, aunque el uso en poscosecha de algunos de ellos como el benomilo o el difenilo ha sido cancelado. Por el contrario, nuevos productos están siendo evaluados y registrados. Entre los fungicidas más utilizados en poscosecha de cítricos se encuentran el imazalil (IMZ), el tiabendazol (TBZ), el ortofenilfenato sódico (SOPP), todos ellos con una eficacia media o alta contra *Penicillium* spp., la guazatina, eficaz contra *G. citri-aurantii*, y el fosetil-Al, eficaz contra *P. citrophthora*. Entre los productos registrados recientemente en algunas áreas productoras para el uso en poscosecha de cítricos destacan el pirimetanil, el miclobutanil, el metil-tiofanato, el fludioxonil, el azoxistrobin y el trifloxistrobin².

Estos agroquímicos pueden ser aplicados de varias formas en distintas fases del manejo poscosecha de los frutos: en solución acuosa en dréncher o en la línea de confección (balsa o espray), en el lavado con detergente o mezclados con ceras en la línea de confección (**figura 2**), o también en forma gaseosa como fumígenos en las cámaras frigoríficas o de desverdización. En general, son más efectivos en agua que en ceras, por lo que para lograr los mismos resultados su concentración debe ser más alta en las ceras³. Para el control de patógenos de herida, como *Penicillium* spp., es importante una aplicación rápida del fungicida (máximo 24 horas después de la cosecha) de forma que pueda actuar antes del establecimiento del patógeno⁴. Para obtener un mayor espectro de acción en algunos casos se recomienda la combinación de varias materias activas, tanto en solución acuosa como en cera. Existen ya formulaciones comerciales de mezclas disponibles.

Existen protocolos distintos para el tratamiento fungicida en cada zona productora de cítricos en función de los principales patógenos causantes de daño y de condiciones particulares tanto en precosecha como en poscosecha. Así, por ejemplo, en Florida se ha alcanzado un control satisfactorio con la aplicación de TBZ o IMZ con posterioridad a la de SOPP¹. En California, la aplicación de una mezcla de TBZ, carbonato de sodio y cloro a alta temperatura, en dréncher antes de la desverdización de los frutos controló satisfactoriamente el podrido después de la desverdización⁵. En España y Australia⁶ es común el tratamiento conjunto con guazatina y con IMZ para el control simultáneo de las podredumbres ácida, verde y azul. La guazatina, no obstante, no podrá utilizarse en Europa a partir del año 2012. En Australia, además, estos fungicidas se aplican en la línea de manipulación, seguidos de un encerado que contiene 2,4-D (500 ppm), un tratamiento tampoco permitido en Europa.



Figura 2. Aplicación de fungicida mezclado con cera en una línea de confección de cítricos.

Respecto a los tratamientos desinfectantes, Martínez-Jávega y Cuquerella⁷ recomiendan en España utilizar un 0,3% de SOPP en maquinaria, un 0,1% de amonio cuaternario en pisos y paredes, y un 0,5% de sosa en envases. Para la desinfección de cámaras o de la totalidad de la central hortofrutícola puede utilizarse formaldehído (35%) a dosis de 10 cc/m³. En Colombia, no se han realizado evaluaciones a este respecto. Algunas empresas usan cera con IMZ al 0,2% (p/p).

La aplicación masiva y continuada durante años de materias activas como TBZ, IMZ, SOPP o distintas mezclas ha generado preocupación en la opinión pública por la generación de un exceso de residuos químicos y también problemas a la industria como el tratamiento de caldos residuales o la proliferación de cepas patogénicas resistentes, especialmente del género *Penicillium*, que reduce o anula la eficacia de los tratamientos^{8,9}.

Se observa, además, un marcado cambio de tendencia en la comercialización de cítricos y de productos hortofrutícolas en general con dos consecuen-

cias importantes: por un lado, aumenta considerablemente el volumen de los mercados de producto ecológico, orgánico o ‘verde’, en los que se exige no solo la ausencia total de residuos químicos en el producto final sino también la prohibición de su uso durante todo el ciclo de producción; por otro lado, y lo que es muy grave para el sector productor, importantes mercados ‘tradicionales’, especialmente supermercados o cadenas alimentarias, están exigiendo el cumplimiento de criterios propios más restrictivos que los límites máximos de residuos (LMR) establecidos por la legislación. Se trata de limitaciones no reguladas que suponen una privatización de las políticas de seguridad alimentaria, que causa gran confusión e inconveniente a los productores.

Otro cuestionamiento importante que enfrentan actualmente los fungicidas convencionales o de síntesis es la duración y el coste del proceso de desarrollo y, en su caso, registro de nuevas materias activas. Todo ello ha conducido a la búsqueda de alternativas a los agroquímicos para el control de las enfermedades de poscosecha.

Tratamientos alternativos. CINCEP

En los últimos años, se han dedicado importantes esfuerzos a la evaluación de tratamientos antifúngicos de poscosecha no contaminantes alternativos a los fungicidas químicos. Según su naturaleza, estos tratamientos pueden ser físicos, químicos o biológicos¹⁰. Siendo no contaminantes, son también poco tóxicos por lo cual su efectividad y persistencia son en general variables y limitadas, cosa que dificulta su implementación comercial.

Debido a estas limitaciones, se ha estudiado también la combinación de distintos tratamientos alternativos, pero en general tampoco se igualan los resultados obtenidos con los fungicidas químicos convencionales. Por tanto, para un control adecuado de las enfermedades, la aplicación de tratamientos antifúngicos alternativos debe encuadrarse en una estrategia más amplia de control que puede denominarse ‘Control integrado no contaminante de enfermedades de poscosecha’ (CINCEP), que se basa en un conocimiento profundo de la epidemiología de los patógenos y de los factores que determinan su incidencia en precosecha, cosecha y poscosecha para incidir de forma global sobre el problema actuando sobre cada uno de estos factores en el momento adecuado para minimizar las pérdidas económicas².

Este concepto implica prestar toda la atención, además de los tratamientos de poscosecha, a los factores de precosecha (cultivar, condiciones climatológi-

cas y de parcela, manejo en campo, ...), cosecha (momento y modo) y poscosecha (higienización de centrales, diseño de instalaciones, manejo en las líneas de confección, condiciones de conservación y comercialización, mercado de destino, ...) determinantes en cada caso particular de la cantidad, calidad y diseminación del inóculo fúngico, de las vías de infección, de la resistencia de los frutos a la infección y de las condiciones de desarrollo de la podredumbre. En general, es importante cosechar con el índice de madurez adecuado, siempre con tiempo seco y de forma extremadamente cuidadosa para minimizar heridas en la piel y otros daños físicos. Para ello y también para un manejo adecuado en poscosecha se necesita contar con un equipo humano concienciado y bien entrenado.

Otras actuaciones en el marco del CINCEP requieren dedicar esfuerzos a múltiples frentes de investigación. Por ejemplo, una ventaja indiscutible para la aplicación del CINCEP sería la posibilidad de discriminar en las centrales cítricas las partidas de fruta que llegan en función de su probabilidad de pudrirse, de forma que el manejo en poscosecha y/o el destino de la producción puedan decidirse y planificarse en cada caso de la forma más conveniente. En este sentido sería de interés el desarrollo de modelos predictivos que establecieran la influencia de factores climáticos, de parcela o de manejo en las poblaciones ambientales y epifitas de patógenos importantes presentes en campos de cítricos. También sería muy interesante el desarrollo de sistemas automáticos y rápidos para la detección precoz y eliminación de frutos infectados por hongos en las líneas de confección de cítricos. No obstante, la principal línea de investigación se centra en la búsqueda y evaluación de nuevos métodos no contaminantes para el tratamiento antifúngico de poscosecha.

Métodos físicos

Los tratamientos físicos son deseables porque no generan ningún tipo de residuo en los productos tratados ni en el ambiente. La conservación a temperaturas bajas (3-5°C para naranjas y mandarinas y 10-14°C para limas, limones y pomelos, siempre con un 90-98% HR) es un sistema físico complementario a otros tratamientos antifúngicos. El almacenamiento en estas condiciones no ejerce por sí mismo una actividad fungicida pero sí una acción fungistática de inhibición o retraso del crecimiento de los patógenos. Por otro lado, ralentiza la actividad metabólica del fruto y retrasa su entrada en senescencia, ayudando así a mantener la resistencia natural del fruto a la infección. Otros tratamientos físicos complementarios que se han ensayado, pero que raramente se han implementado comercialmente, son la conservación frigo-

rífica en atmósferas controladas convencionales (5-10% O₂ + 0-10% CO₂), hipobáricas (75 a 175 mm Hg) o de monóxido de carbono (5-10% CO)¹¹.

Los principales tratamientos físicos antifúngicos se basan en la aplicación de calor, ya sea mediante aire o agua calientes¹². Los tratamientos más convencionales de curado en cítricos consisten en la exposición de los frutos a temperaturas superiores a 30°C y HR superiores al 90% durante 1-3 días. Nunes et al.¹³ verificaron que el curado a 40°C durante 18 horas permitió reducción total de la podredumbre verde y azul en naranjas 'Valencia' de diferentes orígenes y conservadas a 5°C durante 5 días seguidas de 20°C durante 7 días. En otro estudio observaron que este curado no afectaba negativamente la calidad de las naranjas¹⁴.

El curado es un tratamiento muy efectivo contra *Penicillium*, pero a escala comercial resulta poco práctico, caro y puede tener efectos adversos en la calidad. La inmersión en agua caliente es un método mucho más sencillo y práctico que puede dar buenos resultados, especialmente en combinación con otros tratamientos de distinta naturaleza. Por ejemplo, el calentamiento de soluciones acuosas de productos químicos antifúngicos aumenta significativamente su efectividad y permite disminuir sensiblemente las dosis de aplicación. Con agua sola normalmente se utilizan baños de 1-3 min a temperaturas de 45-50°C, pero hay que tener en cuenta que el margen existente entre las temperaturas efectivas y fitotóxicas es muy estrecho (**figura 3**). En general, temperaturas superiores a 53°C resultan ser fitotóxicas. Otro sistema de aplicación de calor son los equipos de cepillado con agua caliente ('hot water brushing', HWB) en los que la fruta pasa durante 10-30 s sobre cepillos en rotación y recibe una ducha de agua calentada a 55-65°C¹⁵.



Figura 3. Fitotoxicidad en mandarina cv. Clemenules por exceso de calor. Daños severos en la corteza producidos por una inmersión de 150 s en agua a 65°C.

Las irradiaciones son tratamientos físicos consistentes en tratar los frutos cítricos con radiación de energía superior (longitud de onda inferior) a la de la luz visible. La luz ultravioleta lejana (UV-C, longitud de onda de 100 a 280 nm) aplicada a dosis bajas (0,5 a 8,0 kJ/m²) puede reducir la incidencia de podredumbres, aunque la efectividad es limitada y existe el riesgo de que se produzcan fitotoxicidades en función de la dosis, el tipo de fruto y su estado de madurez¹⁶. Es una tecnología que puede integrarse en la línea de confección. Mucho más cara y compleja es la aplicación de radiaciones ionizantes (longitud de onda inferior a 100 nm) ya sea a partir de fuentes radioactivas (rayos gamma) o físicas (rayos X, rayos beta o electrones acelerados). En general, el uso de estas tecnologías no se ha generalizado como método de control de enfermedades porque en las dosis no fitotóxicas (inferiores a 1 kGy) su poder de penetración en el fruto y su efectividad son limitadas y los beneficios no compensan el coste de las instalaciones especiales que se requieren¹⁷. Por contra, sí resultan adecuadas para la desinfección superficial y la desinsectación de cítricos y otros frutos sometidos a exigencias cuarentenarias, por lo que la legislación de EE. UU. ha autorizado su uso y existen plantas en funcionamiento en zonas como Hawai.

Los efectos tanto del calor como de las irradiaciones sobre las enfermedades de poscosecha pueden ser directos o indirectos. Los primeros se refieren al efecto del tratamiento sobre el propio patógeno (esporas o micelio en crecimiento) y los segundos a la inducción en el fruto huésped de mecanismos de resistencia a la infección¹⁷. Los tratamientos pueden aumentar los niveles de compuestos antifúngicos preformados presentes en la piel de los cítricos, como el citral, algunas flavanonas y polimetoxiflavonas, o proteínas antifúngicas como la quitinasa o la b-1,3-glucanasa. Estas sustancias están presentes de forma natural en frutos inmaduros que se muestran resistentes a enfermedades, pero sus niveles disminuyen considerablemente después de la cosecha y durante el almacenamiento. Los tratamientos físicos también pueden inducir la biosíntesis en el flavedo de fitoalexinas, compuestos antifúngicos no constituyentes entre los que destacan la escoparona y la escopoletina^{18, 19}. Por otro lado, el calor puede catalizar la biosíntesis en heridas de la piel de ligninas y materiales análogos que actúan como una barrera física a la penetración de las hifas del hongo. Además, el curado, pero especialmente el agua caliente, puede llegar a fundir las ceras epicuticulares del flavedo y taponar así microheridas y vías de entrada de los patógenos¹².

La conservación frigorífica de frutos cítricos en atmósferas ozonizadas ha suscitado un gran interés comercial en los últimos años. Tras exhaustivas in-

vestigaciones realizadas en California y España^{20, 21} puede concluirse que la aplicación de ozono gaseoso, aunque retrasa el desarrollo de las podredumbres, no reduce su incidencia, por lo que en ningún caso puede considerarse un sustituto de los fungicidas aplicados en dréncher o en la línea de confección. No obstante, la ozonización continua o intermitente del ambiente de las cámaras a concentraciones bajas no resulta fitotóxica e inhibe de forma importante el crecimiento aéreo de micelio y la esporulación de *Penicillium* spp., en frutos conservados en frío (**figura 4**); así se puede reducir la carga de inóculo fúngico presente en los almacenes y evitar la proliferación de cepas patogénicas resistentes a los fungicidas. Sin embargo, este efecto es solamente transitorio y los patógenos reanudan su crecimiento aéreo y esporulan cuando el ozono deja de estar presente en el ambiente. Además, el gas no puede traspasar ni plásticos ni cartones por lo que este efecto únicamente se consigue cuando los frutos están almacenados en envases de gran superficie abierta. Debido a su elevado poder oxidante, el ozono puede resultar dañino para el ser humano, fitotóxico para los frutos y corrosivo para muchos materiales. Por ello es muy importante que, en el caso de que se instale un sistema de generación de ozono en una central citrícola, se controle en todo momento la concentración de gas generado y se adopten medidas de seguridad como alarmas y sistemas de paro y ventilación automatizados para garantizar la seguridad de los operarios y del producto.



Figura 4. Esporulaci3n de *Penicillium digitatum* en naranjas conservadas a 5°C durante 1 mes en una atm3sfera de aire (derecha) o en una atm3sfera ozonizada con 0,3 ppm de ozono (izquierda).

Recientemente se ha ensayado la aplicación de choques gaseosos (24-48 horas) de CO₂ y O₂ a alta temperatura (33°C) como sistema para reducir la duración de los tratamientos de curado, efectivos contra las podredumbres verde y azul, pero poco prácticos a escala comercial²². Concentraciones de 15 kPa CO₂ o 30 kPa O₂ resultaron efectivas en naranjas y mandarinas inoculadas artificialmente con *P. digitatum* y *P. italicum* e incubadas a 20°C durante 7 días, pero los tratamientos no fueron persistentes.

Otro tratamiento gaseoso ensayado recientemente es la fumigación de cítricos con amoníaco²³. La aplicación de 3.000 ppm de amoníaco a 22°C durante 6 horas controló satisfactoriamente la podredumbre verde en naranjas y limones. Además, este sistema de control se mostró sinérgico con la aplicación de IMZ a dosis muy bajas.

Métodos químicos de baja toxicidad

Los productos químicos alternativos a los fungicidas de síntesis convencionales deben ser sustancias, naturales o de síntesis, con efectos residuales sobre el medioambiente y toxicológicos sobre personas y animales, conocidos y muy bajos. Por este motivo se evalúan principalmente sustancias presentes de forma natural en plantas, animales o microorganismos o, en el caso de productos sintetizados artificialmente, aditivos alimentarios permitidos sin restricciones por la legislación.

Entre las sustancias naturales, destacan por su elevada actividad antifúngica los extractos de plantas superiores y los aceites esenciales^{24, 25}. Así, los glucosinolatos, producidos por especies de la familia de las crucíferas, o los extractos de Aloe vera o de especies de los géneros *Allium* y *Capsicum* han mostrado actividad contra podredumbres de poscosecha de cítricos. Aceites esenciales e géneros como Citrus, Thymus, Origanum, Lavandula o Eucaliptus han sido evaluados por su capacidad fungitóxica y se han identificado algunos compuestos terpénicos responsables de esta capacidad. En algunos casos, estas sustancias han sido clasificadas como 'Generally Recognized as Safe' (GRAS) por la 'United States Federal Drug Administration' (US FDA) de EE. UU. debido a que su utilización no genera residuos indeseables. Carvalho et al.²⁶ han evaluado in vitro el efecto de 22 aceites esenciales de cítricos sobre el crecimiento de *P. digitatum* y *P. italicum*, y han observado que todos los compuestos de aceite evaluados inhibieron *P. digitatum* al 50-100% aplicados a una concentración media de 30-50 µg/mL. De los compuestos estudiados el carvacrol fue el que presentó mayor actividad fungistática contra ambos hongos, seguido del timol. Otros compuestos naturales que presentan actividad antifúngica son: compuestos aromáticos volátiles como el acetaldehído, el hexanal

o el benzaldehído; reguladores naturales del crecimiento, como el ácido jasmónico o el metil jasmonato; el quitosano, un polímero de la b-1,4-glucosamina que se obtiene por deacetilación de la quitina del exoesqueleto de los artrópodos, y su derivado el glicol-quitosano; péptidos antifúngicos como los identificados en el IATA (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia, España²⁷), o las proteínas antimicrobianas biosintetizadas por el fruto en respuesta a situaciones de estrés (quitinasas y b-1,3-glucanasa).

Los aditivos alimentarios y algunas sustancias sintéticas catalogadas como GRAS suelen ser ácidos y sales orgánicas o inorgánicas con una acción contra los microorganismos bastante específica. Los que se han mostrado más efectivos contra las podredumbres verde y azul de los cítricos son el sorbato potásico, el benzoato sódico, el carbonato sódico y el bicarbonato sódico^{10, 28}. Estas sustancias pueden utilizarse en baños de 1-3 min en soluciones acuosas calientes (40-50°C) a concentraciones del 2-3% (**figura 5**). Aunque su eficacia y persistencia no iguala a la de los fungicidas convencionales, presentan interés comercial por su efectividad, fácil disponibilidad y aplicación, bajo precio y facilidad de combinación con otros métodos alternativos de control.

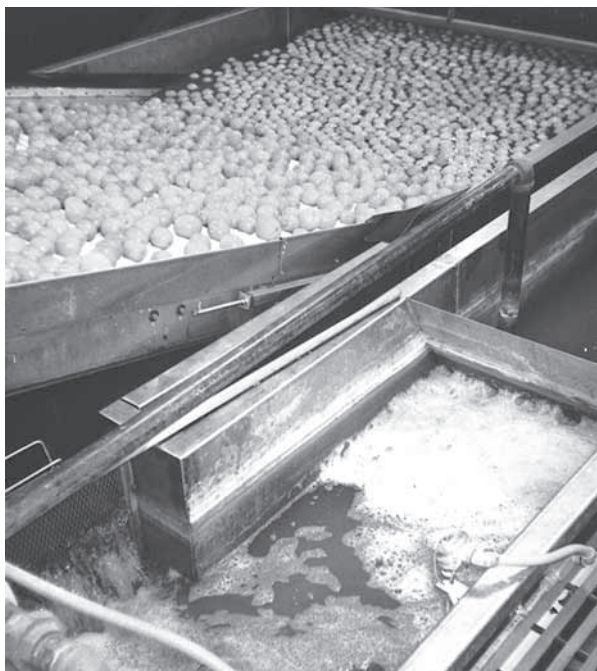


Figura 5. Tratamiento de cítricos por inmersión en una solución caliente de carbonato sódico en una central de California.

Montesinos-Herrero y Palou²⁹ han revisado recientemente las investigaciones referentes a la combinación de estos compuestos con sistemas físicos de control como el calor o las irradiaciones o con otros sistemas químicos como los fungicidas convencionales a bajas dosis o los recubrimientos comestibles. En este sentido, en el Centro de Tecnología Poscosecha del IVIA (Valencia, España) se han desarrollado películas y recubrimientos comestibles antifúngicos efectivos en el control de las principales enfermedades de poscosecha de los frutos cítricos^{30, 31}. Estos recubrimientos se prepararon mediante la adición de aditivos alimentarios y sustancias GRAS con propiedades antifúngicas (sales de ácidos orgánicos, sales de parabenos, entre otros) a formulaciones de hidroxipropil metilcelulosa (HPMC) y lípidos hasta obtener emulsiones estables. Tras pruebas de selección *in vitro* (**figura 6**) e *in vivo* en mandarinas y naranjas se encontró que los recubrimientos que contenían sorbato potásico, benzoato sódico, propionato sódico y alguna mezcla de estos aditivos eran los más efectivos. En trabajos similares, se han obtenido recubrimientos antifúngicos para cítricos mediante la adición de aceites esenciales a bases de carnauba o almidón de maíz³².

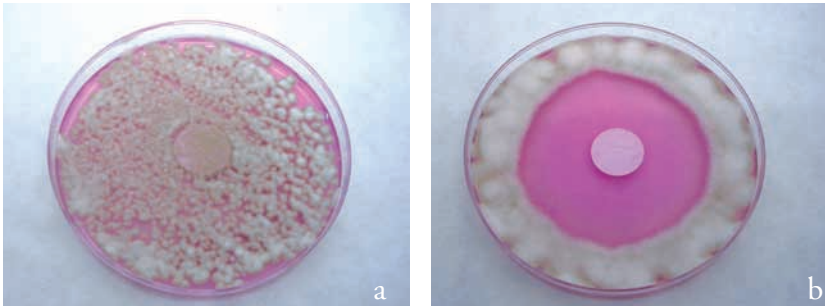


Figura 6. Inhibición *in vitro* de *Penicillium digitatum* por difusión de disco de película. Película formulada sin (a) o con la adición de aditivo alimentario antifúngico (b).

Otros compuestos que se han evaluado para el control de podredumbres en poscosecha de cítricos incluyen el bórax (tetraborato sódico decahidratado), el ácido bórico, el poliboro (octaborato disódico), el etanol, el dióxido de azufre, el polisulfuro de calcio, el ácido peroxiacético y el peróxido de hidrógeno²⁵. Ninguno de estos tratamientos se está utilizando comercialmente debido o a su falta de efectividad o a problemas derivados de su aplicación. En cambio, algunos de ellos (bórax, ácido peroxiacético, compuestos de amo-

nio cuaternarios, entre otros) sí pueden utilizarse, además del hipoclorito de sodio y sus derivados, como desinfectantes en el lavado de los frutos y de las instalaciones de la central citrícola¹.

Métodos biológicos (microorganismos antagonicos)

La poscosecha presenta un desafío único para el control biológico, mediante el uso de microorganismos antagonistas, en el combate de enfermedades. El ambiente parcialmente controlado, de temperatura y humedad, puede ayudar a alterar el equilibrio en las interacciones entre el huésped, el patógeno y el antagonista a favor de este último. La restrictiva aplicación directa sobre los frutos cosechados y el elevado valor de los productos tratados podrá justificar un producto biológico relativamente más caro. En relación con los productos químicos, los agentes de control biológico presentan ventajas claras pues son más seguros, ya que no se acumulan en los alimentos; más persistentes a lo largo del tiempo, pues no alteran de forma sustancial los principales aspectos del patógeno; producen un efecto insignificante en el equilibrio ecológico, ya que no destruyen a los enemigos naturales, y son compatibles con otros sistemas de lucha.

Durante los últimos 25-30 años diversos programas se han desarrollado en todo el mundo y numerosos agentes de biocontrol han sido investigados frente a diversas enfermedades de poscosecha de frutos³³. Aunque en el plano experimental se han encontrado y patentado en laboratorios de todo el mundo numerosas levaduras, bacterias y también hongos filamentosos con capacidad antagonica contra podredumbres de poscosecha de los cítricos, los registros son complicados y el uso comercial es escaso. Normalmente los mejores resultados se obtienen en usos preventivos, ya que en general la actividad fungicida o curativa es limitada. Tienen un gran potencial como tratamientos complementarios a otros sistemas alternativos respetuosos con el medioambiente¹⁰.

Actualmente existen en el mercado muy pocos biofungicidas para control de enfermedades de poscosecha, incluidas las de frutos cítricos: Aspire™ a base *Candida oleophila*, producido por Ecogen y limitado a EE. UU. e Israel; BioSave™ formado por *Pseudomonas syringae*, producido inicialmente por EcoScience y actualmente por Jet Harvest Solutions y limitado a EE. UU.; Shemer™ a base de *Metschnikowia fructicola*, producido por Bayer Crop Science; Pantovital a base de *Pantoea agglomerans*, producido Biodurcal S.L., España; Serenade (*Bacillus subtilis*, AgraQuest, EE. UU.); Boniprotect (*Aureobasidium pullulans*, Bio-protect, Alemania); Yieldplus (*Cryptococcus al-*

bidus, Suráfrica) y Candifruit (*Candida sake*, España). Nuevos productos en proceso de registro son Citrigreen® a base de *Bacillus subtilis* y *B. licheniformis*, formulado en Suráfrica³⁴. Manso y Nunes³⁵ solicitaron la patente de la cepa NCYC3728 (PBC-2) de la levadura *Metschnikowia andauensis* (Patente N°105220) como agente de biocontrol contra enfermedades de poscosecha, incluyendo algunas de los frutos cítricos.

Esta falta de antagonistas comercializados se debe a que son pocos los países que, como EE. UU., disponen de normativas específicas y simplificadas para el registro de este tipo de productos biológicos. En otros países, como los de la Unión Europea, el registro se ve obstaculizado por la exigencia de estudios toxicológicos largos y costosos equiparables a los exigidos para cualquier pesticida de síntesis. No obstante, es probable que más productos entren al mercado en los próximos años como resultado de los programas de investigación en control biológico que se vienen realizando en todo el mundo.

El desarrollo de sistemas de control biológico requiere de varios pasos para aislar, evaluar y seleccionar un agente de biocontrol potencial. Es necesaria la realización de bioensayos a escala piloto y comercial. El mecanismo de antagonismo del microorganismo tiene que ser entendido. Para la aplicación comercial, el producto tiene que ser formulado y producido a escala industrial de forma económica manteniendo su actividad biológica³⁶.

Normalmente, los antagonistas se aplican sobre los frutos cítricos en baño o dréncher como suspensiones acuosas de distintas concentraciones, pero existen excepciones como los biofumigantes que pueden utilizarse como tratamientos gaseosos en cámaras de conservación o en combinación con los tratamientos de desverdización³⁷.

El término control biológico de enfermedades de poscosecha fue adoptado de la definición de control biológico empleada por los entomólogos, que se definía como el control de un organismo por otro. Sin embargo, la enfermedad de una planta no es una plaga, o sea no es un organismo sino un proceso, que puede ser influenciado a nivel del patógeno, del huésped o del microambiente³⁸. Esta definición generó lo que se llama agentes de control biológico de segunda generación y permitió la exploración de nuevos caminos, en el sentido de desarrollar sistemas de biocontrol capaces de superar las limitaciones existentes en los de primera generación, promoviendo una mayor y constante eficacia y posibilitando el control de infecciones ya previamente establecidas o latentes³⁶.

Con esta definición de control biológico ampliada, el manejo de la enfermedad podrá incluir el uso de un proceso biológico o de un producto de un proceso biológico. De este modo numerosos nuevos enfoques están disponibles para un exitoso desarrollo de productos y procesos de control biológico: mezclas de dos o más antagonistas, manipulación ambiental de los nutrientes para obtener cepas de antagonistas resistentes a ciertas condiciones adversas, aplicaciones en precosecha, manipulación genética de antagonistas, mejora de los procesos de producción y formulación, e integración del control biológico con otros métodos alternativos de control. Investigando en estos aspectos se espera solucionar los problemas de la primera generación comercial de agentes de biocontrol, tales como la excesiva especificidad (rango estrecho de actividad para frutos, enfermedades y/o condiciones ambientales particulares), la falta de una eficacia alta y constante, y la incapacidad de controlar infecciones latentes y previamente establecidas^{36, 39}.

Algunos ejemplos de estos enfoques aplicados en frutos cítricos son el aumento significativo de la eficacia del agente de biocontrol *B. subtilis* cuando se combinó con bicarbonato sódico o agua caliente³⁴. Torres et al.⁴⁰ verificaron que con soluciones de bicarbonato sódico a 50°C seguidas de la aplicación del agente de biocontrol *P. agglomerans*, se obtenía un control de la enfermedad igual o superior a aquella alcanzada con el fungicida IMZ. En la integración con otros métodos, se observaron efectos positivos en el control de la podredumbre verde en limones mediante la combinación de *P. agglomerans* con un tratamiento posterior de curado a 33°C durante 6 horas⁴¹.

Conclusiones y recomendaciones

Las enfermedades de poscosecha son una de las principales causas de pérdidas económicas en el cultivo de frutos cítricos. Estas pérdidas pueden ser muy variables puesto que dependen de factores como la especie y el cultivar, la climatología y el manejo del cultivo tanto en precosecha como en poscosecha.

Gestionando adecuadamente los principales procesos metabólicos de los frutos, según la particular susceptibilidad de cada especie y variedad a dichos factores, así como otros que intervienen (estados de madurez y sanitario), es posible limitar las enfermedades de poscosecha y las alteraciones fisiológicas más comunes.

Los fungicidas químicos convencionales tienen su futuro comprometido, por lo que es necesaria la investigación en la búsqueda de alternativas para el control de enfermedades de poscosecha. En un contexto de control integrado no contaminante, debe primarse la combinación de diferentes métodos alter-

nativos físicos, biológicos y químicos de baja toxicidad. Colombia tiene todo un campo por explotar en esta área y debe buscar un valor añadido a su gran agrobiodiversidad. Además, es fundamental el conocimiento de los patógenos y de los factores que determinan su incidencia en precosecha, cosecha y poscosecha. Son necesarios esfuerzos e inversiones para la formación de programas de investigación articulados en redes de conocimiento que permitan ofertar al sector soluciones tecnológicas integrales.

Referencias bibliográficas

1. LADANIYA, M. *Citrus Fruit: Biology Technology and Evaluation*. USA: Elsevier, 2008. p. 336.
2. PALOU, L. Control integrado no contaminante de enfermedades de poscosecha (CINCEP): nuevo paradigma para el sector español de los cítricos. En: *Levante Agrícola*. 2011. Vol. 406, p. 173-183.
3. BROWN, G. E. Control of Florida citrus decay with Guazatine. En: *Proc. Fla. Sta. Hort. Soc.* 1983. Vol. 96, p. 335-337.
4. GUTTER, Y. Investigation on new postharvest fungicide in Israel. En: *Proc. Int. Soc. Citric, Japan*, 1981. Vol. 2, p. 810-811.
5. SMILANICK, J. L.; MANSOUR, M. F. y SORENSON, D. Pre- and postharvest treatments to control green mold of citrus fruit during ethylene degreening. En: *Plant Dis*. 2006. Vol. 90, p. 89-96.
6. TUGWELL, B. L. and CHVYL, W. L. Modified atmosphere packaging for citrus. In: *Citrus Congress*, Sun City, South Africa. 1997. p. 1150-1152.
7. MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. y CUQUERELLA, J. Manejo poscosecha de frutos cítricos de producción integrada. 2° Congreso Iberoamericano de tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 2° Simposio Tecnologías para Tratamientos Cuarentenarios en Frutas Tropicales y Subtropicales para la Exportación (CYTED-Proyecto XI.10), Bogotá, Colombia. 2000. p. 15-19.
8. HOLMES, G. J., ECKERT, J. W. Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to post harvest citrus fungicide in California. En: *Phytopathology*. 1999. Vol. 89, p. 716-721.
9. PALOU, L.; et al. Micoflora en centrales citrícolas de Tarragona. En: *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*. 2001. 16, 447-462.
10. PALOU, L.; SMILANICK, J. L. and DROBY, S. Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue molds. En: *Stewart Postharvest Review*. 2008. Vol. 2, No. 2, p. 1-16.

11. PALOU, L. Métodos de control físicos ensayados en poscosecha contra las podredumbres verde y azul de los cítricos. *Levante Agrícola*. 2005. Vol. 377, p. 341-350.
12. PALOU, L. y PLAZA, P. Tratamientos con calor para el control de enfermedades de poscosecha de cítricos. En: *Todo Citrus*. 2005. Vol. 31, p. 21-36.
13. NUNES, C.; et al. Effect of high temperature treatments on growth of *Penicillium* spp. and their development on 'Valencia' oranges. En: *Food Science and Technology International*. 2007. Vol. 13, p. 63-68
14. NUNES, C.; et al. Effects of postharvest curing treatment on quality of citrus fruit. En: *Vegetable Crops Research Bulletin*. 2007. Vol. 66, 213-220
15. PORAT, R.; et al. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 2000. Vol. 18, p. 151-157.
16. DROBY, S.; et al. Factors affecting UV-induced resistance in grapefruit against the green mould decay caused by *Penicillium digitatum*. En: *Plant Pathol.* 1993. Vol. 42, p. 418-424.
17. PALOU, L. Control of citrus postharvest diseases by physical means. En: *Tree and Forestry Science and Biotechnology*. 2009. Vol. 3, (Special Issue 2), p. 127-142.
18. BEN-YEHOSHUA, S.; et al. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. En: *J. Agric. Food Chem.* 1992. Vol. 40, No. 1217-1221.
19. CAYUELA, J. A.; et al. Inducción de fitoalexinas en tratamientos de curado para el control de *Penicillium* spp. En: *Levante Agrícola, Revista Internacional de Cítricos*. 2010. Vol. 401, p. 216-222.
20. PALOU, L.; SMILANICK, J. L. y CRISOSTO, C. H. Conservación frigorífica de cítricos en atmósferas ozonizadas: efecto sobre las enfermedades de poscosecha. En: *Levante Agrícola*. 2004. Vol. 372, p. 321-328.
21. PALOU, L.; SMILANICK, J. L. y MARGOSAN, D. A. Ozone applications for sanitation and control of postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. In: González-León, A. (Ed.), *Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits and Vegetables*. Trivandrum, Kerala, India: Transworld Research Network, 2007. p. 39-70.
22. PALOU, L.; et al. Novel approaches for postharvest preservation of fresh citrus fruits. In: Slaker, D.A. (Ed.), *Citrus Fruits: Properties, Consumption and Nutrition*. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2011. p. 1-45.

23. MONTESINOS-HERRERO, C.; *et al.* Control of citrus postharvest decay by ammonia gas fumigation and its influence on the efficacy of the fungicide imazalil. En: *Postharvest Biol. Technol.* 2011. Vol. 59, p. 85-93.
24. ZACCHINO, S. A.; *et al.* The Need for New Antifungal Drugs: Screening for Antifungal Compounds with a Selective Mode of Action with Emphasis on the Inhibitors of the Fungal Cell Wall, in *Plant-derived Antimycotics* (Eds. M. Rai and D. Mares). Binghamton: The Haworth Press, 2003. p. 1-47.
25. PALOU, L. Evaluación de alternativas para el tratamiento antifúngico en cosecha de cítricos de producción integrada. En: *Horticultura*. 2007. Vol. 200, p. 82-93.
26. CARVALHO, C. P.; *et al.* Evaluación in vitro de 22 compuestos de aceites esenciales de cítricos sobre el crecimiento de *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum*: Efecto dosis y comparativo. En: *Memorias XI Congreso Colombiano de Fitoquímica*. Medellín, Colombia. 2011. (In press).
27. MUÑOZ, A.; LÓPEZ-GARCÍA, B. y MARCOS, J. F. Comparative study of antimicrobial peptides to control citrus postharvest decay caused by *Penicillium digitatum*. En: *J. Agric. Food Chem.* 2007. Vol. 55, p. 8170-8176.
28. MONTESINOS-HERRERO, C. *et al.* Evaluation of brief potassium sorbate dips to control postharvest penicillium decay on major citrus species and cultivars. En: *Postharvest Biol. Technol.* 2009. Vol. 52, p. 117-125.
29. MONTESINOS-HERRERO, C. y PALOU, L. Combination of physical and low-toxicity chemical postharvest treatments for integrated disease management of citrus fruit: a review. En: *Stewart Postharvest Review*. 2010. Vol. 1, p. 1-11.
30. VALENCIA-CHAMORRO, S. A.; *et al.* Inhibición de las podredumbres verde y azul de las naranjas mediante películas y recubrimientos comestibles antifúngicos a base de hidroxipropil metilcelulosa-lípidos. En: *Levante Agrícola*. 2009. Vol. 396, p. 206-212.
31. VALENCIA-CHAMORRO, S. A.; *et al.* Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. En: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2011. Vol. 51, p. 872-900.
32. DU PLOOY, W.; REGNIER, T. y COMBRINCK, S. Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management. En: *Postharvest Biol. Technol.* 2009. Vol. 53, p. 117-122.
33. NUNES, C. New developments in safety methods to control postharvest fruit decays. In: *Environmentally Friendly and Safe Technologies for Quality of Fruits and Vegetables* (Nunes C, ed.). Faro: Universidade do Algarve, 2010. p. 133-145

34. OBAGWU, J. y KORSTEN, L. Integrated control of citrus green and blue molds using *Bacillus subtilis* in combination with sodium bicarbonate or hot water. En: *Postharvest Biology and Technology*. 2003. Vol. 28, p. 187-194
35. MANSO, T. y NUNES, C. *Metschnikowia andauensis* as a new biocontrol agent of fruit postharvest diseases. En: *Postharvest Biol. Technol.* 2011. doi:10.1016/j.postharvbio.2011.02.004.
36. NUNES, C.; MANSO, T. y LIMA-COSTA, M. E. Postharvest biological control of citrus fruit. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*. 2009. Vol. 3 (Special Issue 2), p.116-126.
37. MERCIER, J. y SMILANICK, J. L. Control green mold and sour rot of stored lemon by biofumigation with *Muscudor albus*. *Biological Control*. 2005. Vol. 32, p. 401-407.
38. WISNIEWSKI, M.; *et al.* Postharvest Biocontrol: new concepts and applications. *Biological Control: a Global Perspective*. C. Vincent, M. S. Goettel and G. Lazarovits. Oxfordshire, 2007. CABI: 262-273.
39. DROBY, S.; *et al.* Twenty years of postharvest biocontrol research: Is it time for a new paradigm?. En: *Postharvest Biology and Technology*. 2009. Vol. 52, No. 2. p. 137-145.
40. TORRES, R.; *et al.* Application of *Pantoea agglomerans* CPA-2 in combination with heated sodium bicarbonate solutions to control the major postharvest diseases affecting citrus fruit at several Mediterranean locations. En: *European Journal of Plant Pathology*. 2007. Vol. 118, p. 73-83
41. PLAZA, P.; *et al.* Combining *Pantoea agglomerans* (CPA-2) and curing treatments to control established infections of *Penicillium digitatum* on lemons. En: *Journal of Food Protection*. 2004. Vol. 67, p. 781-786

Industrialización de cítricos y valor agregado

Catarina Pedro Pássaro Carvalho*

Julián Londoño-Londoño**

Resumen

En este capítulo se describen las principales etapas del proceso de producción de zumos de cítricos, así como las características de calidad exigidas para su comercialización de acuerdo con la normativa internacional. Adicionalmente se hace referencia a otras alternativas de aprovechamiento industrial de los frutos cítricos y finalmente, se presenta información relacionada con las características nutricionales y de valor agregado de los productos citrícolas, haciendo énfasis en el efecto que sobre ellas tienen los procesos de industrialización.

Palabras clave: cítricos, producción, industrialización, calidad, normas internacionales.

Citrus ´ industrialization and added value

Abstract

This chapter describes the main stages of the production of citrus juices, and the quality characteristics demanded to commercialize those juices according to international regulations. Additionally, alternatives for the industrial use of citrus fruits are mentioned and, finally, information related to the nutritio-

* Ing. Agrónoma. Ph.D. en Ing. de Alimentos. C.I. La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (COROPOICA), km 7 vía Las Palmas, Vereda Llanogrande, Rionegro, Antioquia, Colombia.

** Farmacéutico. Doctor en Ciencias Químicas. Corporación Universitaria Lasallista. Grupo de Investigación en Ingeniería de Alimentos - GRIAL. Caldas, Antioquia - Colombia.

Correspondencia:
Catarina Pedro Pássaro
Carvalho:
cpassaro@gmail.com

nal properties and added value characteristics of citrus' products is provided, emphasizing the effect of industrialization processes on citrus.

Key words: Citrus, production, industrialization, quality, international regulations.

Introducción

El sector de la transformación de los frutos cítricos está en plena expansión, tanto por el aumento de la demanda de estos productos como por el nivel tecnológico alcanzado por las industrias. Este sector es una buena alternativa para aquellas cosechas que no pueden comercializarse por determinadas circunstancias; esto no quiere decir que las naranjas de peor calidad sean destinadas a la industria, sino aquellas que, por ejemplo, no tengan los calibres comerciales exigidos.

Del total de la producción de cítricos, cerca de un 60% se consume en el mercado de productos frescos, y aproximadamente un 40% es procesado.

El sector citrícola tiene dos formas principales de comercialización de sus productos. Por un lado existe un mercado que está basado en la comercialización de los productos frescos; y por otro lado, existe un mercado para aquellos bienes que son producto de la transformación industrial de la fruta.

La industrialización de los cítricos está dominada por los productos de zumos, los cuales ocupan una significativa proporción del mercado de bebidas, industria que ha evolucionado a través de los años, del zumo fresco al popular zumo NFC (siglas del inglés "Not From Concentrate" o hechos a partir de zumo no concentrado" o no concentrado), el cual supera hoy todas las demás categorías de zumos cítricos. El zumo NFC se vende en el segmento del mercado de zumo frío con precio más alto que su valor nominal, y su tasa de crecimiento, año tras año, ha sido elevada durante la última década. En los Estados Unidos las ventas por temporada de zumo de naranja NFC han aumentado un 10,5% desde la última temporada. El total de la producción mundial de zumo de cítricos 2004/2005 se aproximó a 2,7 millones de toneladas. Los principales productores de zumo de naranja son Brasil y la Florida, y su producción conjunta representa un poco menos del 90% de la demanda mundial, seguidos de China¹. De los frutos cítricos que son transformados, el 81,9% corresponde a naranjas, el 7,9% a limones, el 6,8% a mandarinas, y el 3,2% a pomelos¹.

El sector de la industrialización de cítricos ha permanecido fuerte y estable durante muchos años; sin embargo, si se quiere ser competitivo en un mercado global y cambiante, donde los consumidores hoy día prefieren productos nuevos, frescos, saludables y respetuosos con el medioambiente, se necesita innovar y agregar valor a sus productos tradicionales.

Zumos

La popularidad del zumo de naranja se debe a su sabor placentero y refrescante, además de que los consumidores tienen conocimiento del beneficio nutritivo de la vitamina C, del ácido fólico y de la fibra dietética que contiene cada porción.

La extracción del zumo es una tecnología con base en la cual se extrae más del 75 por ciento de la producción mundial de zumos cítricos. Este principio se basa en el diseño único de extractores de zumo dentro de la máquina. Los componentes interactúan de tal manera que pelan la naranja y exprimen el zumo de la naranja pelada mediante un colador; todo, en un espacio de fracciones de segundo. El resultado es un zumo de una excelente calidad que está listo para ser empacado como zumo fresco o que puede seguir el ciclo del zumo NFC o de zumo de naranja concentrado y congelado (JNCC)²

Clasificación de Zumos

Según el CODEX STAN 247-2005³, por zumo (jugo) de fruta se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie, aplicados después de la cosecha, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius.

Algunos zumos podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al zumo, aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Los zumos se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los zumos de la fruta de que proceden. Podrán ser turbios o claros, y podrán contener componentes restablecidos de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta (se permite la introducción de aromas y aromatizantes para restablecer el nivel de estos com-

ponentes hasta alcanzar la concentración normal que se obtiene en el mismo tipo de fruta). Podrán añadirse pulpa y células (en el caso de los cítricos, la pulpa y las células son la envoltura del zumo elaborado del endocarpio) obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta.

Un zumo de un solo tipo es el que se adquiere de un solo tipo de fruta, y un zumo mixto es el que se obtiene mezclando dos o más zumos, o zumos y purés de diferentes tipos de frutas.

Los zumos de fruta se clasifican en:

- Zumo de fruta exprimido directamente por procedimientos de extracción mecánica.
- Zumo de fruta a partir de concentrados, mediante reconstitución del zumo concentrado de fruta. Se obtiene por dilución adecuada de un zumo previamente concentrado.
- Zumo concentrado de fruta: se entiende el producto que se ajusta a la definición anterior, salvo que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix, al menos, en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo reconstituido de la misma fruta (11,2° para el caso de los cítricos). En la producción de zumo destinado a la elaboración de concentrados se utilizarán procedimientos adecuados, que podrán combinarse con la difusión simultánea con agua de pulpa y células y/o el orujo de fruta, siempre que los sólidos solubles de fruta extraídos con agua se añadan al zumo primario en la línea de producción antes de proceder a la concentración.
- Zumo de fruta extraído con agua: es aquel que se obtiene por difusión con agua de
 - fruta pulposa entera cuyo zumo no puede extraerse por procedimientos físicos, o
 - fruta deshidratada entera.
- El contenido de sólidos del producto acabado deberá satisfacer el valor mínimo de grados Brix para el zumo.
- Puré de fruta utilizado en la elaboración de zumos y néctares de frutas: se entiende el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido mediante procedimientos idóneos, por ejemplo, al tamizar, triturar o desmenuzar la parte comestible de la fruta entera o pelada sin eliminar el zumo.

- Puré concentrado de fruta utilizado en la elaboración de zumos y néctares de frutas: se obtiene mediante la eliminación física de agua del puré de fruta en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo.
- Néctar de fruta: es el producto sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene añadiendo agua con o sin la adición de azúcares de miel y/o jarabes, y/o edulcorantes. El contenido mínimo de zumo natural es de 50% (p/p). La Generalitat Valenciana en España, considera además:
 - Zumo de cítricos recién exprimido: aquel que es obtenido para consumir inmediatamente sin mediar ningún tratamiento.
 - Zumo natural refrigerado: aquel que es obtenido y dispuesto para consumir en un corto espacio de tiempo (15-18 días). Suele someterse a una pasteurización suave que lo estabiliza para envasarse sin oxígeno y conservarse en ambiente refrigerado (0-5°C).
 - Bebidas refrescantes a base de zumo de cítricos: son las bebidas preparadas a partir de agua, ingredientes y demás productos autorizados con un contenido mínimo exigido por la legislación del 8% (p/v) de zumo de cítrico.

Tecnologías de extracción de zumos

Los extractores industriales de cítricos comenzaron a desarrollarse en los años 40 y 50, y desde entonces no han dejado de incorporar nuevas mejoras y avances tecnológicos que han permitido aumentar los rendimientos y la calidad del zumo obtenido.

Básicamente son dos las técnicas utilizadas en la industria para la extracción de zumos de cítricos: la FMC, desarrollada por la empresa norteamericana Food Machinery Company, y la Zumex, desarrollada por la empresa española Máquinas y Elementos S. A. A continuación se detalla el funcionamiento de cada una de las máquinas, de acuerdo con lo descrito por Garza⁴.

Tecnología FMC

Es el tipo de extractor más utilizado a escala industrial, en la extracción de zumos de cítricos para la elaboración de concentrados.

El principio de funcionamiento se basa en la separación instantánea de los elementos constituyentes del fruto (piel, membrana, semillas y otros productos no deseables) que, de permanecer demasiado tiempo en contacto con el zumo, pue-

den tener una influencia adversa para la calidad final del producto. La extracción rápida evitará que pasen al zumo sustancias procedentes de las semillas, membranas y corteza que pueden producir amargor y sabores extraños. Como resultado se obtiene un zumo de gran calidad. El proceso se realiza muy rápidamente, ya que estos extractores pueden alcanzar casi 100 ciclos por minuto. La selección del tamaño de las copas se hace en función del rango de tamaños de la fruta a procesar.

En general, la fruta, previamente calibrada por tamaños, llega al extractor a través de una cinta transportadora y se posiciona automáticamente en la parte inferior de la copa. Una cuchilla de acero inoxidable situada en la parte superior (upper cutter) corta un círculo de corteza en la parte superior del cítrico, para permitir la separación de la corteza de las porciones interiores de la fruta. En la parte inferior otra cuchilla (lower cutter) corta una porción de corteza para permitir el acceso del cilindro de tamizado (prefinisher tube) al interior del fruto. La copa superior (upper cup) y la copa inferior (lower cup) sujetan el fruto durante todo el proceso de exprimido para evitar su rotura.

El cilindro de pretamizado separa los elementos internos del fruto en función de su tamaño; el zumo y la pulpa pasarán a través de los orificios del pretamizador y se depositarán en el depósito de zumo (juice mainfold), mientras que las membranas y semillas se descargarán por el tubo inferior (orifice tube).

Las etapas del proceso pueden ser descritas de la siguiente forma (**figura 1**):

- **Primera fase de extracción.** En esta primera fase del ciclo de extracción, la copa superior se desplaza hacia abajo provocando una presión en el cítrico de forma que las cuchillas superior e inferior comienzan a cortar los extremos superior e inferior del fruto. El diseño de las copas permite que el fruto quede perfectamente sujeto, evitando que se rompa, y consigue una extracción uniforme durante todo el proceso.
- **Segunda fase de extracción.** Cuando el ciclo de extracción continúa, los dedos de las copas se entrecruzan y el aumento de presión sobre el cítrico obliga al zumo, y a las partes interiores del fruto (zumo, pulpa, membranas y semillas) a pasar a través del fondo al cilindro tamizador, a la vez que la corteza empieza a salir por la parte superior, entre la copa y la cuchilla.
- **Tamizado.** Una vez finalizada la extracción, las porciones interiores del cítrico se hallan localizadas en el interior del cilindro tamizador. En este momento, el tubo del orificio se mueve hacia arriba, presionando el contenido del cilindro tamizador, lo que provoca que el zumo y la pulpa pasen a través de los orificios del tamiz y pasen al depósito colector de zumo. Las partes del fruto de

mayor tamaño, que no pueden atravesar el tamiz, son descargadas por un orificio en el tubo inferior y evacuadas fuera de la máquina. Las cortezas, rotas al ser forzadas a pasar a través de los dedos de las copas, se eliminan por la parte superior de la máquina y se depositan en un colector. Durante la extracción, las pieles forzadas a pasar a través de los dedos de las copas, sueltan el aceite esencial contenido en las vesículas. Este aceite puede ser arrastrado mediante una corriente de agua y recogido por separado como una emulsión de aceite.

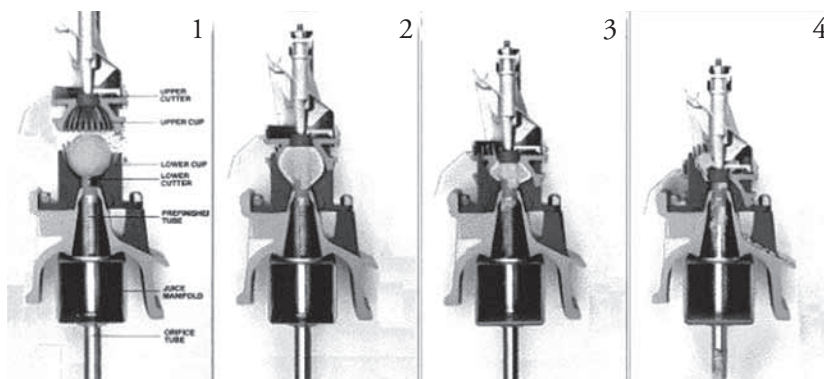


Figura 1. Esquema del proceso de extracción de zumo de cítricos empleando la tecnología FMC.

Fuente: Garza⁴.

Tecnología Zumex

Este tipo de máquinas extractoras se utilizan principalmente para la obtención de zumo fresco a pequeña y mediana escala.

Su principio de funcionamiento, es bastante simple y se basa en partir el fruto por la mitad y hacer pasar las mitades entre dos cilindros giratorios que presionan el fruto y extraen el zumo (**figura 2**).

El original y simple sistema de extracción se basa en unos tambores macho y hembra que con una perfecta sincronización extraen el zumo de la pulpa de la fruta, que previamente ha sido cortada en dos mitades por medio de una cuchilla ubicada en el compartimento superior de la máquina.

Su gran peculiaridad reside en que en ningún momento las bolas de exprimido están en contacto con la corteza de la fruta, sino solo con la pulpa, para evitar el sabor amargo y obtener, por tanto, un zumo de alta calidad. Este sistema permite así, un rendimiento de hasta el 95%.

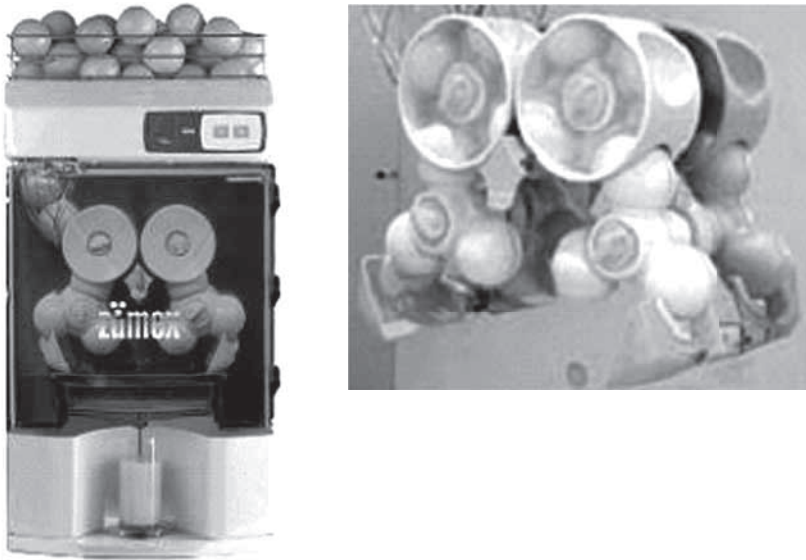


Figura 2. Esquema de una máquina extractora de zumos de cítricos empleando la tecnología zumex. En el recuadro derecho se detalla el sistema de cilindros giratorios.

Fuente: www.zumex.com

Ambas extractoras presentan muy buena eficiencia para los rangos de tamaños de frutos recomendados. Sin embargo, pueden ocurrir pérdidas en los rendimientos de zumo y aceite esencial debido a la rotura de los frutos cuando piezas demasiado grandes o pequeñas alimentan una determinada copa. Este problema se reduce mediante la selección por calibrado del tamaño de fruto adecuado antes de la extracción⁵.

En general las copas están diseñadas para calibres entre 65-78 mm para naranjas, y para mandarinas y limones se pueden solicitar copas para diámetros inferiores a 65 mm. La empresa Zumex Group S. A. pone a disposición en su web el siguiente calibrador manual para frutos (**figura 3**).

Los autores Álvarez; *et al.*⁶ estudiaron el efecto de diferentes tecnologías industriales de exprimido (tipo FMC y tipo Zumex) sobre los parámetros químicos y sensoriales del zumo de mandarina ‘Clementina’, y observaron diferencias significativas entre las dos tecnologías con respecto al perfil químico de aromas y sensorial de los zumos (**figura 4**). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los parámetros físico-químicos de los mismos, pero sí un rendimiento en zumo muy superior para la tecnología de exprimido FMC (**tabla 1**).



Figura 3. Calibrador Zumex de naranjas para zumo.

Fuente: www.zumex.com

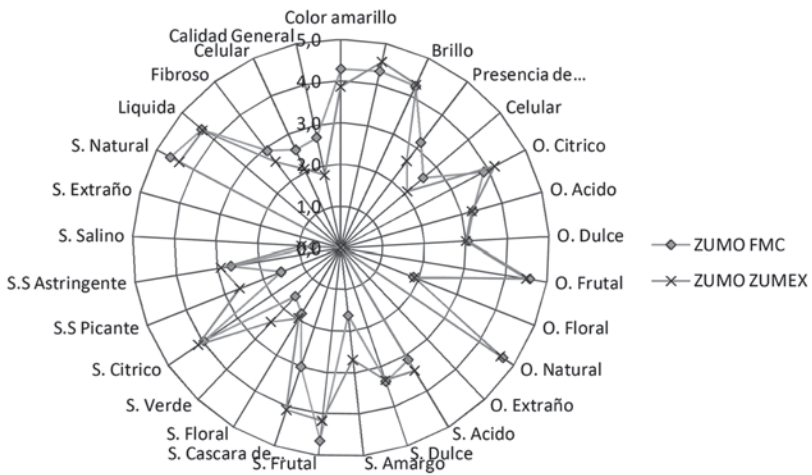


Figura 4. Análisis sensorial por aproximación multidimensional de zumos de mandarina ‘Clementina’ obtenidos por diferentes metodologías de exprimido.

Tabla 1. Efecto de la tecnología de exprimido sobre los parámetros de calidad del zumo.

Tecnología de exprimido	Diámetro (mm)	Ác. cítrico (g/100mL)	SST (°Brix)	Índice de madurez (SST / AT)	Zumo (%)	pH	Ác. ascorbico (mg/100mL)
FMC*	57,9 a ¹	0,90 a	12,4 a	13,9 a	52.1 b	3,6 a	49.7 a
ZUMEX*	58,8 a	0,93 a	12,5 a	13,9 a	37.0 a	3,5 a	47.6 a

¹ Los datos seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren para $P < 0.05$.

El zumo obtenido por FMC presentó, en general, una calidad más alta que aquel obtenido por Zumex: un mayor color amarillo, mayor presencia de contenido fibroso y celular, menor olor cítrico, menor sabor amargo, mayor sabor frutal, menor sabor a cáscara de cítrico, menor sabor verde y menor sabor picante, al compararlo con el zumo obtenido por Zumex.

Producción de zumo de naranja concentrado y congelado

Existen distintos tipos de zumos concentrados congelados de naranja: turbios, clarificados, y de diferentes grados de acidez.

El proceso de producción de zumo se guía por un diagrama de flujo que es donde se representa la trayectoria que sigue el zumo, desde que entra en forma de materia prima, hasta que se transforma y se convierte en producto terminado, listo para degustar por el consumidor (**figura 5**).

El riesgo de contaminación microbiana durante todo el proceso es muy grande, por la mala manipulación debida al equipo, al manipulador, al mantenimiento deficiente o al ambiente. Es fundamental que en todo momento las instalaciones estén en perfectas condiciones de limpieza e higiene.

Para asegurar la calidad final del producto se deben hacer análisis microbiológicos de todo el producto final.

Las diferentes etapas del proceso general de producción de zumo de naranja, concentrado y congelado, se describen a continuación:

- **Recepción e inspección de la fruta**

La materia prima deben ser frutos frescos de diferentes variedades recibidos directamente de campo. También se puede recibir zumo **no pasteurizado** en tanques. La materia prima se entrega limpia, bien mantenida, y en vehículos cubiertos.

La fruta fresca se transporta a la planta en camiones con capacidad de remolque de hasta 20 toneladas. El descargue puede ser relativamente simple o se pueden emplear ramblas hidráulicas para descargar la fruta por gravedad sobre cintas transportadoras. Por regla general, se hacen pruebas al azar para determinar el nivel de maduración de la fruta y su contenido de zumo. Luego se determina el nivel de azúcar y acidez, que a menudo son los criterios para la compra de la fruta y para la mezcla seleccionada de lotes, con el fin de obtener parámetros específicos de calidad².

- **Procesamiento**

Primeramente los frutos son descargados de los bins o contenedores, luego los frutos se enjuagan en agua potable, se clasifican (1^a selección), y se almacenan en bins. Cuando la fruta se remueve de los bins se lava con cepillos con un detergente neutro o desinfectante, y se enjuaga con agua potable. Para el lavado también se puede emplear agua condensada fría ganada de la evaporación del zumo.

Los frutos son seleccionados nuevamente (2^a selección), luego son calibrados y se envían a los extractores de zumo. La pulpa es removida de la máquina extractora de zumo a través del cilindro tamizador para filtrar y homogeneizar el zumo para conseguir una emulsión estable; y el zumo es bombeado para un tanque de camisa.

El zumo que se obtiene puede ser centrifugado para reducir el nivel de pulpa y de defectos.

Seguidamente el zumo es desaireado (vacío a una temperatura de aproximadamente 60°C durante dos minutos) para eliminar el oxígeno disuelto y ocluido, y evitar así la oxidación acelerada durante la pasteurización. Un mal manejo de esta fase produce el oscurecimiento del zumo.

Después los zumos son mezclados en un tanque de compensación para pasteurización. El zumo es pasteurizado (65 °C durante 30 minutos) en un intercambiador tubular o de placas. Una vez transcurrido el tiempo, la operación se completa con el enfriamiento rápido del producto hasta una temperatura de 5 °C, a fin de producir un choque térmico que inhibe el crecimiento de los microorganismos que pudieran haber sobrevivido al calor.

Los zumos de frutas tienen un pH ácido (< 4,0) por lo que las bacterias no son muy resistentes a la temperatura, lo que permite reducir los tiempos

de tratamiento y las temperaturas de forma que la calidad nutricional y sensorial del producto no sea alterada.

Las operaciones de extracción, filtrado, pasteurización y envasado deben realizarse en forma rápida porque el zumo de naranja se oxida fácilmente y se altera el sabor. En el proceso se deben controlar la temperatura y el tiempo de pasteurización, así como la temperatura de enfriamiento^{8,9}.

- **Almacenamiento**

El zumo pasteurizado es bombeado para un tanque de camisa de congelado entre -18 y -10°C, o por el proceso de llenado es envasado en doble bolsa y congelado a esa temperatura. Estos tanques tienen una capacidad de hasta 250.000 galones.

- **Envasado, empacado y despacho**

Para el envasado de este tipo de zumo hay diferentes posibilidades:

- Los envases más usados son los tambores de chapa de 200 L con pintura interior sanitaria y doble bolsa de polietileno, de las cuales la interior puede o no ser cerrada con pico de envasado.
- Envases plásticos de distintas capacidades, los cuales vienen cerrados con tapa y estériles en su interior. Estos envases son usados por empresas elaboradoras de bebidas gaseosas, con un peso determinado y característico de cada empresa. Son de un solo uso y no tienen retorno.
- Bines de madera con bolsas especiales de 2 y 3 capas en su interior, con capacidades que van desde los 500 hasta los 1.000 Kg. También son envases usados por las empresas. Al igual que los envases plásticos, estos también son sin retorno.
- Tanques contenedores, en los cuales se envasa una carga completa de 18-20 Ton, y donde el espacio de cabeza se compensa con atmósfera de nitrógeno. Se utilizan para envíos al exterior⁷.

El zumo pasteurizado y congelado puede ser empacado en cajas de cartón, las cuales se cierran, codifican, sellan, paletizan y se almacenan en cámara frigorífica. El producto final se despacha en camiones limpios y refrigerados.

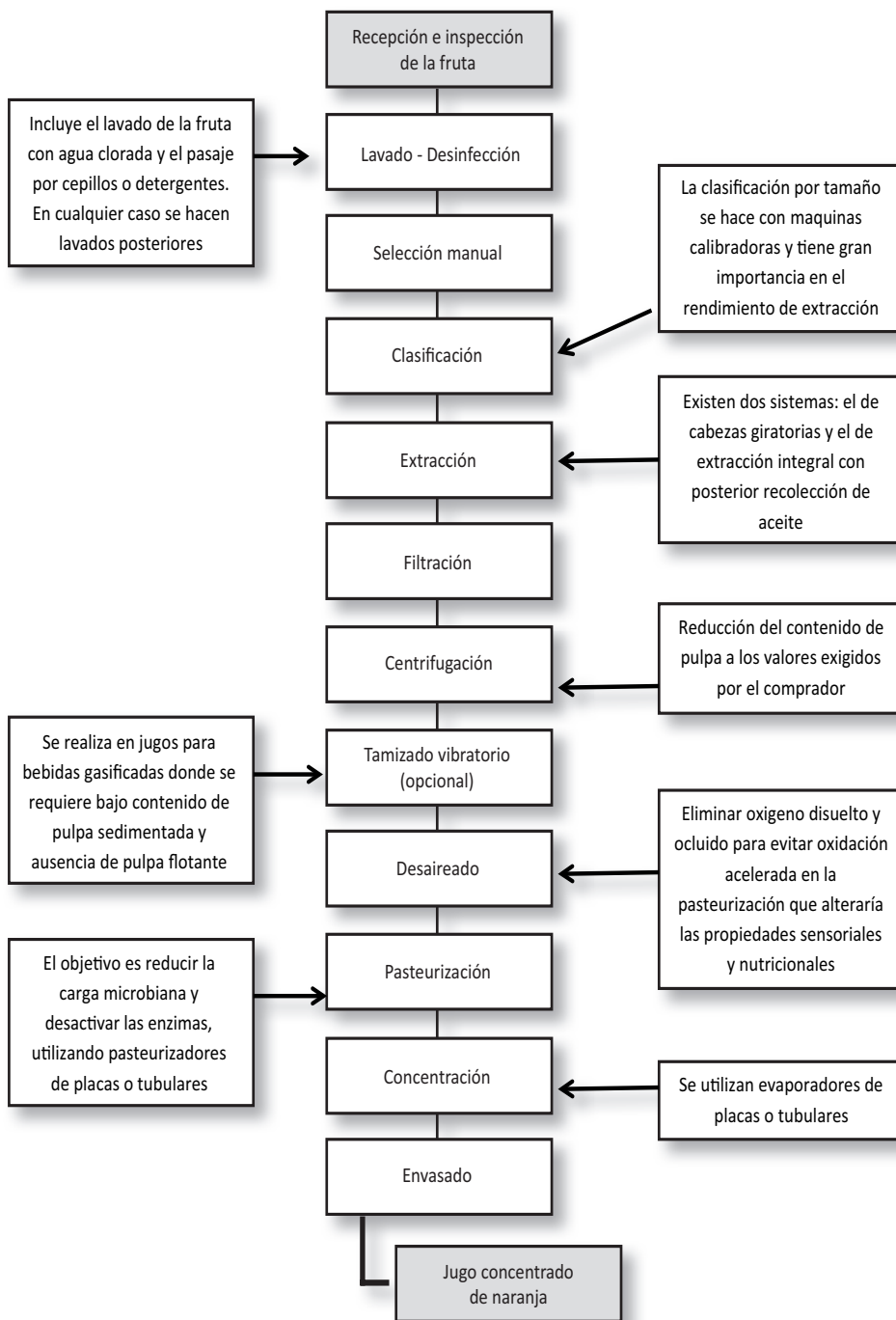


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso industrial de zumo concentrado y congelado de naranja⁷.

Producción de zumo de naranja sin concentrar (NFC)

El zumo NFC es un producto más cercano al zumo de naranja fresco y que viene, además, en empaque listo a servir. Este satisface las exigencias de los consumidores en cuanto al buen sabor, a un producto que es menos procesado y con más trozos de fruta. Incrementa, además, los conocimientos de los consumidores respecto a la salud y valor nutritivo de los cítricos, factor importante relacionado con el aumento de las ventas del zumo NFC².

Este producto se fabrica siguiendo un estricto proceso de pasteurización, que minimiza, de esta manera, la exposición al calor.

Las diversas tecnologías que facilitan el almacenamiento de grandes volúmenes hacen posible mantener la oferta de zumo durante todo el año. De uso común son el almacenamiento aséptico de grandes cantidades en los tanques finca, los sistemas de bolsa en barril o bolsa en caja y el almacenamiento congelado. El almacenamiento aséptico es económicamente más viable que el congelado por la facilidad de manejo, y la economía de energía, y puede alcanzar capacidades de un millón de galones por tanque. Un envase común para este tipo de zumo es el Tetra Pak, para que las características organolépticas (color, olor y sabor) y las propiedades de la fruta se mantengan intactas. Al tratarse de un producto natural pasteurizado, la distribución es hecha en cadena de frío.

Otros factores importantes en la producción del zumo NFC son el control del aceite de la cáscara y el nivel de amargor en el zumo.

Calidad en los zumos de fruta

Como regla general, los mercados exigen determinados índices de calidad para los frutos cítricos con destino al consumo en fresco y a la transformación industrial, producidos en diferentes regiones del mundo, regulados en diversos documentos legales. Estos índices son necesarios para evitar la recolección de frutos no aptos y la llegada de estos al mercado con un nivel de calidad no aceptado por el consumidor¹⁰, así como evitar los cambios en olor y sabor del zumo o su contaminación microbiológica¹¹ cuando se destinan al procesamiento industrial.

Importancia de la materia prima

Los parámetros de calidad de los zumos son uno de los factores más importantes porque el consumidor final los percibe como garantía de calidad y los identifica con la marca, con lo cual se consigue su fidelización y la diferenciación en el mercado. Dado que la fruta es un producto natural, los parámetros pueden fluctuar ligeramente en consecuencia de factores externos.

Además de la legislación para elaborar los zumos de frutas, hay que tener en cuenta la legislación aplicable a los productos alimenticios relativos a control, higiene, y seguridad alimentaria: sistemas de prevención basados en HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points - Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)

El factor más importante en la elaboración de zumos de fruta es la selección de materias primas de alta calidad y de proveedores que sean capaces de mantenerla de forma constante. Cuando se va a desarrollar un nuevo producto, lo primordial es homologar la materia prima que va a constituirlo y el proveedor que la suministra.

Así, esta debe de cumplir una serie de parámetros de calidad, organolépticos, físico-químicos, y microbiológicos que se recogen en las fichas técnicas elaboradas para cada variedad de fruta con que cuentan las empresas para manufacturar los diferentes zumos.

Los parámetros de calidad mas utilizados para zumos son:

- °Brix
- Extracto libre
- Monosacáridos
- Disacáridos
- Ácidos
- Índice de formol
- Ácidos biógenos
- Etanol, entre otros.

Para establecer los parámetros adecuados de calidad hay que tener en cuenta que estos valores no solo dependen de la especie de fruta en cuestión, lugar de crecimiento, grado de madurez, clima, fertilidad de la tierra y otra medidas de cultivo, sino que también dependen de la variedad de la fruta dentro de la misma especie, del sistema de plantación y de la técnica de proceso usada.

En Colombia, por ejemplo, las naranjas ‘Valencia’ producidas por encima de los 900 m. s. n. m. (2º piso) tienen más grados °Brix y son más ácidas, y tienen un menor índice de madurez, con respecto a la misma variedad producida por debajo de los 700 m. s. n. m. (1º piso), debido a las condiciones climáticas diferentes sobre todo de temperatura y luminosidad. De esta forma, la Norma Técnica Colombiana

para naranjas¹² establece que la naranja ‘Valencia’ cultivada en el primer piso tiene mejores características organolépticas y puede ser recogida más temprano (con grado de color 3), mientras que los frutos cultivados en el segundo piso térmico deben de ser recogidos a partir del color 4 para ser comercializados en fresco o procesados.

Varios autores han encontrado diferencias entre el contenido vitamina C, y contenido y perfil de flavonoides y carotenos, para diferentes cultivares de cítricos¹³⁻¹⁵.

Parámetros mínimos de calidad y los métodos de análisis

Para que se pueda asegurar el control de la calidad comercial de los zumos de frutas y evitar el fraude al consumidor y la competencia desleal, muchas empresas han considerado necesario disponer de determinados parámetros analíticos mínimos de autenticidad y calidad, que permitan evaluar la composición de los mismos.

Como criterios de calidad se entiende que los zumos de frutas deberán tener el color, aroma y sabor característicos del zumo del mismo tipo de fruta de la que proceden. La fruta no deberá retener más agua como resultado de su lavado, tratamiento con vapor u otras operaciones preparatorias que la que sea tecnológicamente inevitable. Por autenticidad se entiende el mantenimiento en el producto de las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de la fruta o frutas de que proceden.

En general, se pueden utilizar los métodos oficiales de análisis (AOAC), y también, de forma complementaria o alternativa, los métodos aprobados por organismos nacionales (UNE-EN) o internacionales como el Codex Alimentarius o cualquier otro método debidamente validado.

El CODEX STAN 247-2005³ establece los métodos de análisis y de muestreo para los parámetros de calidad y autenticidad en zumos de frutas, y describe cada uno de los métodos oficiales analíticos que se pueden utilizar para determinar estos parámetros. También la Orden de 29 de enero de 1988¹⁶, aprueba los métodos oficiales de análisis de zumos de frutas y otros vegetales y sus derivados. Según este decreto, los parámetros °Brix, maltosa e isomaltosa, deben considerarse como parámetros absolutos de autenticidad y calidad para los que no deben admitirse tolerancias.

En la **tabla 2**, por ejemplo, podemos ver los parámetros mínimos de autenticidad y calidad para el zumo de mandarina que establece el REAL DECRETO 1518/2007, de 16 de noviembre del MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN de España¹⁷. En el anexo se puede consultar los parámetros para el zumo de naranja.

Tabla 2. Parámetros mínimos de autenticidad y calidad para el zumo de mandarina.

Parámetros	Unidad de medida	Valor	Observaciones
Densidad relativa 20/20°		min. 1,042	Zumo directo
Grado Brix correspondiente	°Brix	min. 10,5	Zumo directo
Densidad relativa 20/20°	°Brix	min. 1,045	Zumo a base de concentrado
Grado Brix correspondiente	°Brix	min. 11,2	Zumo a base de concentrado
Acidez valorable a pH 8,1	meq/L	90 - 300	Los valores indicados corresponden a 5,8 - 19,2 g/L, calculados como Ácido cítrico anhidro pH 8,1
Ácido cítrico	g/L	6 - 22	
Ácido D-isocítrico	mg/L	65 - 200	El valor inferior de 65 mg/L se obtiene en productos de alta ratio. En 'Clementinas' se han observado valores de hasta 40 mg/L.
Ácido cítrico: Ácido D-isocítrico	mg/L	max. 130	En 'Clementinas' se han observado valores superiores de hasta 200
Ácido L-ascórbico	mg/L	min. 100	La media natural de contenido de Ácido L-ascórbico del zumo recién exprimido esta entre 250 y 350 mg/L. Deben garantizarse los 100 mg/L de Ácido L-ascórbico a la fecha de consumo referente
Glucosa	g/L		
Fructosa	g/L		
Glucosa: Fructosa		max. 1,0	
Sacarosa	g/L	20 - 60	Algunas variedades de mandarina muestran unos contenidos muy altos de sacarosa, especialmente en productos recién exprimidos. Su participación porcentual en el total de azúcares puede ser superior al 50% y llegar hasta el 70%.
Maltosa		ausencia	
Isomaltosa		ausencia	
Índice de Formol ml. NaOH 0,1M/100 ml	Ml	15 - 26	Cuando el valor es inferior al valor mínimo establecido, debería examinarse el origen
Cenizas	g/L	2,5 - 5,0	
Fósforo total	mg/L	90 - 210	
Potasio	mg/L	1000 - 2300	

- Sólidos solubles. Se determina como descrito en el capítulo de Poscosecha, y tal como vimos en ese capítulo, en el proceso de maduración aumenta el contenido de azúcares en detrimento del contenido de los ácidos, de ahí que no se deban utilizar naranjas muy maduras.
- Azúcares. Suman alrededor del 75% de los sólidos solubles, y están equilibrados los azúcares reductores (glucosa y fructosa) y los no reductores (sacarosa). Durante el tratamiento y almacenamiento de los zumos la sacarosa se va hidrolizando y se transforman en azúcares reductores. La adición de azúcares está permitida siempre que no exceda en 15 g/L.
- Ácidos. Los zumos de cítricos están constituidos mayoritariamente de ácido cítrico, algo de ácido málico y algo de ácido oxálico. La acidez cambia según la variedad, zona de cultivo y maduración de las naranjas. Se puede añadir ácido cítrico al zumo, siempre y cuando no se haya añadido azúcar.
- Vitamina C. La vitamina C o ácido ascórbico es el componente más importante de los frutos cítricos normalmente asociado con la salud. Los zumos de naranja contienen entre 40-70 mg/100mL cuando la cantidad diaria recomendada es de 60 mg/100mL. Se debe tener en cuenta que es fácilmente degradable por el calor y la exposición al aire y luz, por lo que los cuidados en los procesos industriales deben de ser extremos para conservar este componente.
- Índice de formol. Es un parámetro que refleja la presencia de ciertos aminoácidos en el zumo y, por tanto, índice de la calidad de las naranjas y mandarinas utilizadas. La adición de ácido cítrico y/o azúcar lo disminuyen.
- Cenizas. Son los elementos minerales presentes en todos los alimentos y su valor puede ser indicativo de la calidad del fruto usado.
- Otros componentes. En relación con la salud, como el sodio, el potasio y el fósforo, cuya concentración debe estar limitada, o conservantes como el ácido sórbico y el ácido benzoico que no deben estar presentes.
- Índice de madurez. Es la relación entre los °Brix y la acidez, y aunque no es un parámetro de análisis obligatorio según la legislación de zumos, se debe tener en cuenta que un elevado valor de IM refleja que el fruto posee una excesiva maduración.

En la **tabla 3**, se pueden observar los requisitos nutricionales para el zumo de naranja de acuerdo al Anteproyecto de la Norma Boliviana, APNB 36008¹⁷. La misma norma también establece los requisitos microbiológicos y los límites máximos de residuos para los zumos y néctares de frutas.

Tabla 3. Requisitos nutricionales para el zumo de naranja acuerdo al Anteproyecto de la Norma Boliviana, APNB 36008.

Requisitos	Unidad	Naranja Cuter Valencia	Naranja Valencia Tardía	Naranja natal
Valor energético	Kcal	50,00	50,00	44,00
Humedad	%	87,32	87,28	88,90
Proteína	g	0,89	0,92	0,73
Grasa	g	0,20	0,21	0,22
H. de Carbono	g	11,23	11,22	9,79
Ceniza	g	0,36	0,37	0,36
Calcio	mg	39,60	34,54	31,22
Fósforo	mg	25,40	23,20	22,75
Vitamina A	ucg	20,10	72,10	19,09
Vitamina C	mg	46,02	54,60	58,50

Fuente: Anteproyecto de la Norma Boliviana, APNB 36008¹⁸.

En Colombia, la industria de transformación para pulpas y concentrados requiere materia prima con valores superiores a 9°Brix, lo que corresponde a índices madurez normalmente superiores a 7,5¹⁹.

Durante el almacenamiento de los zumos de naranja tiene lugar toda una serie de fenómenos complejos que modifican sus características organolépticas y su valor nutritivo; es decir, que se encuentran sujetos a un proceso de envejecimiento. La alteración del color del zumo durante su almacenamiento se debe al pardeamiento originado principalmente por la oxidación del ácido ascórbico a furfural desprendiéndose CO₂ y por la aparición de 5-HMF (Hidroximetilfurfural) como consecuencia de la degradación de los azúcares²⁰. De ahí que su contenido haya sido propuesto como un índice, para el control de calidad, de tratamientos térmicos o almacenamiento inadecuados²¹.

Muy probablemente son el sabor y el aroma las características más importantes del zumo y también las que acusan los cambios más notables durante

el almacenamiento prolongado de este. Ambos están asociados a la presencia de constituyentes volátiles que se encuentran en bajas concentraciones²². Cualitativamente se han identificado más de 200 constituyentes volátiles en el zumo, y el terpeno d-limoneno es el mayoritario (aproximadamente el 90%)²³. Este no posee una marcada influencia sobre el sabor del zumo, no obstante, es el precursor del aroma envejecido (off-flavour) que produce el α -terpineol principalmente.

El nivel de α -terpineol en el zumo de naranja es un parámetro de calidad: indica la pérdida de esta por el efecto del almacenamiento²¹ o de un tratamiento térmico intenso²⁴.

El tipo de envase usado posee una gran influencia en la degradación del zumo en general (principalmente por su permeabilidad al oxígeno), pero muy especialmente influye en el sabor y el aroma del mismo. Así, un zumo envasado en lata no lacada origina un olor y sabor amargos debido a la formación de nootkatona por oxidación del valenceno en contacto con la superficie metálica²². Con el envase TetraPack se observa un rápido descenso del d-limoneno por absorción de este por la capa de polietileno del envase. Este descenso de d-limoneno es de un 40% y su consecuencia inmediata es una disminución en la formación de α -terpineol (causante del off-flavour)²⁵. Un proceso industrial inadecuado (temperaturas altas, excesiva aireación, entre otros) también acentúa la degradación del zumo.

Guerrero *et al.*²⁶ evaluaron la estabilidad del zumo de naranja reconstituido a partir de concentrado (65 °Brix) y posterior flashpasteurización (105 -115°C durante 3 segundos), envasado en Tetra Brik y almacenados a 2, 20 y 40°C. Los autores encontraron que el ácido ascórbico, el HMF y la sacarosa se pueden considerar como buenos indicadores del envejecimiento del zumo. El ácido ascórbico disminuyó un 2% con el aumento del tiempo y la temperatura de almacenamiento. El contenido en HMF experimentó un claro incremento del 14,8% con el tiempo y con la temperatura, al contrario de lo que sucedió con la sacarosa, cuyo contenido decreció con el tiempo.

La limonina es la responsable del amargor del zumo de naranja. El ácido limonoico, en su forma monolactona A, es el componente precursor no amargo de esta limonina en un medio ácido, y se encuentra en el albedo y las semillas, y es el principal responsable del amargor de la naranja con el tiempo, y principal factor de calidad de la naranja de zumo directo. La naranja 'Navel' es muy rica en ácido limonoico.

La calidad de los zumos de naranja se puede clasificar en función de la concentración de limonina:

- 6 ppm - zumo no es comercializable.
- > 4 ppm - zumo de mala calidad.
- < 4 ppm – zumo de buena calidad.
- < 2 ppm zumo de excelente calidad²⁷.

Los años lluviosos y fríos son malos para la calidad organoléptica del zumo de naranja porque en estos años la naranja no madura suficientemente bien, y este precursor pasa a limonina más fácilmente cuando se exprime el fruto. Es decir, mientras más ácido sea el zumo final, mayor es la capacidad del precursor para pasar a la forma amarga.

Sin embargo, cuando la naranja madura en el árbol, el ácido limonoico puede pasar de forma natural a su derivado 17-dehidroderivado no amargo a través de la limonoato deshidrogenasa, por lo que para obtener una naranja de buena calidad es preferible pagar al agricultor para que mantenga la fruta en el árbol hasta su momento óptimo de cosecha, para que no se amargue rápidamente²⁷.

Los diferentes procesos de pasteurización también incrementan la concentración de la limonina, por lo que es importante medir la cantidad inicial de precursor, dado que a menor cantidad más calidad.

La combinación de técnicas analíticas (HPLC-CGSM, Cromatografía Líquida combinada con Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas) combinada con los datos sensoriales aportados por un panel de catadores entrenados nos permite conocer indicadores fundamentales para evaluar la calidad organoléptica de un zumo de naranja directo²⁸.

Además, conocer estos indicadores permite mejorar los procesos de envase y condiciones de distribución, y mejorar la calidad final del zumo directo para evitar la desaparición de sustancias que cambian el perfil organoléptico.

Se debe de tener en cuenta que la eliminación total de aire en el proceso de desaireación reduce de forma significativa la eliminación de compuestos volátiles importantes para el sabor característico del zumo.

Extracción aceites esenciales

En el mundo los principales aceites esenciales de cítricos comercializados son el de naranja (28.000 Ton en 2001) y limón (6.510 Ton en 2002). El precio del

aceite de naranja puede estar entre 0,7-3,3 \$USD / Kg. El principal componente del aceite cítrico comercializado es el d-limoneno mayoritariamente proveniente de naranjas. El petitgrain es un aceite muy buscado por las perfumerías que se obtiene de las hojas de los árboles cítricos, y es Paraguay su principal productor y exportador en el mundo. Su rendimiento es del orden del 0,2% y su precio en el mercado es muy alto²⁹.

Para la obtención del aceite esencial de cítricos los procesos utilizados son: extracción, extracción con disolventes volátiles, desterpenación y destilación al vacío.

Extracción

Al exprimir por máquinas puede producirse un aceite casi idéntico al producto exprimido a mano y es un método aplicado en forma comercial. Son dos los métodos empleados para la extracción de aceite esencial ligada de una forma u otra a la de extracción de zumo: método de raspadura y método de esfumadura o espumadora conocido en italiano por “sfumatura”. Según Di Giacomo y Mincione³⁰, el primer método se considera idóneo para la transformación en continuo de grandes cantidades de fruto, mientras el proceso de “sfumatura” se prefiere en empresas de tipo medio o artesanales especializadas en producir aceites esenciales de calidad “exquisita”.

En el primero los frutos se someten a raspado liberándose el aceite esencial de las glándulas, junto con restos de corteza, bajo la acción de una fina lluvia de agua que arrastra al aceite y los “detritus” hacia una refinadora que filtra y separa la emulsión oleosa de las partículas en suspensión; mediante la centrifugación se obtiene de dicha emulsión una fase acuosa que se somete a recirculación, otra emulsión que se somete a destilación y una fase oleosa que tras una nueva centrifugación produce un efluente acuoso que es enviado a destilación, y el aceite esencial.

En el método de “sfumatura” se actúa sobre la corteza una vez se ha extraído el zumo, presionándola y comprimiéndola repetidamente para lograr la salida del aceite esencial de las glándulas que es arrastrado por una fina lluvia de agua, dispuesta oportunamente en el interior de la máquina. La fase líquida se filtra para separarla de los restos de corteza y se somete a una primera centrifugación en la que se obtiene una emulsión enriquecida en aceite esencial -cerca de un 80%- y una fase acuosa que se recircula tras decantación. La fase oleosa sometida a una segunda centrifugación permite obtener el aceite esencial y una fracción acuosa con un elevado contenido en ceras. Los restos

de corteza se prensan añadiendo agua -siempre en forma de fina lluvia- líquido que a continuación se somete a destilación en corriente de vapor y bajo condiciones de vacío.

En cuanto a maquinaria se refiere, se pueden mencionar las siguientes: Pickin Roll, Screw press, Fraser-Brace excoriator, AMC scarifier, Brown peel shaver, entre otras, que recuperan el aceite del fruto en un paso previo a la extracción de zumo³¹.

En la patente para la Brown International Corporation, se describe el sistema como una cama de rodillos con superficies punzantes o abrasivas. Los frutos avanzan en una sola capa y se van rompiendo las glándulas oleíferas del pericarpio, y queda el aceite recogido en el agua de arrastre, formando una emulsión que se descarga sobre una prensa y pasa posteriormente a través de un separador de partículas y centrifuga para separar el aceite esencial. Los aceites así obtenidos cumplen las especificaciones de la USP, excepto lo referente a los residuos de evaporación³².

Siguen también este sistema las máquinas “Pelatrice” (peladora) que producen el raspado del fruto completo mediante varios pares de rodillos -entre tres y seis- de superficie punzante dispuestos trapezoidalmente con el eje longitudinal paralelo al sentido de avance de los frutos. La velocidad de carga y la de rotación de los rodillos depende del cítrico que se trate, de su estado de maduración; la forma del fruto condiciona el tiempo de procesado de los mismos, y son necesarios tiempos más prolongados en el caso del limón que en la naranja y frutas no ovaladas, por ejemplo, el modelo de seis pares de rodillos, procesa entre doce y catorce toneladas de naranja en una hora³⁰.

Otros tipos de maquinaria como “Torchio” (prensa) y “Sfumatrice” (esfumadora) -“Speciale” e “Indelicato”- obtienen el aceite esencial de un fruto al cual ya se ha extraído el zumo. El tipo “Torchio” produce el prensado de la corteza mediante dos hélices que giran en sentidos opuestos, hélices situadas en jaulas que hacen de filtro y abrasivo al estar surcadas longitudinalmente por fresas y talladas con fisuras calibradas para permitir la salida de la esencia. El tipo de máquinas -de implantación casi exclusiva en Sicilia- denominadas “sfumatrice”, poseen una cinta sin fin, modelada a propósito con salientes orientados hacia una superficie fija, provista a su vez de protuberancias. La distancia entre estas y las de la cinta sin fin se regula de modo que se consigue la escarificación de la corteza, procurando que no se rompa la corteza totalmente y sea rentable la proporción de aceite esencial obtenida.

Por último, nos encontramos con maquinaria que hace simultáneamente la separación de zumo y aceite esencial. Entre estas se puede citar la “Unidad mondadora-esfumadora” (Indelicato), el extractor FMC “In-Line” (Food Machine Corporation) y el extractor “pelatrice” Speciale que es capaz de procesar entre 5.000 y 15.000 Kg de limón por hora y que, junto con el anterior, son los sistemas más utilizados en la cuenca Mediterránea.

En la FMC “In line”, como ya vimos antes, las partículas de la corteza (raspaduras o “frit”) son separadas resultando una emulsión aceitosa, con tres componentes: agua, gotas de aceite esencial y sólidos finos que han atravesado el “finisher”. Para que este funcione correctamente, se debe asegurar que el “finisher” empleado tenga capacidad para procesar la mezcla con que es alimentado y retenga los sólidos particulados. La presión del mismo debe de ser cuidadosamente controlada de forma que se consiga una presión intermedia, ya que si es alta muchos sólidos y pectinas pueden ser forzados a pasar a la emulsión, con lo que aumentaría la viscosidad y dificultaría la separación en las centrífugas, y si es muy baja se perdería gran cantidad de agua y aceite esencial expulsados fuera del sistema a través de la corriente de raspaduras. Usando cabezas de aire o mecánicas se consigue una presión media que permite que la emulsión que va a la primera centrífuga tenga en torno a un 2-4% de sólidos que se pueden separar mediante centrifugación a 4500 r.p.m.

Acoplando dos centrífugas se recupera la práctica totalidad del aceite esencial contenida en la emulsión “ligera” procedente del “finisher” como aceite esencial puro. El paso por la primera centrífuga se conoce como concentración o deslodado o “desludging”, y el paso por la segunda como refinado o “polishing”.

El último paso del proceso de recuperación del aceite en frutos cítricos es el refinado “polisher”, que consiste en pasar la emulsión enriquecida a través de una centrífuga de alta velocidad, que opera entre las 16000 y las 18000 r.p.m., con lo que consigue separar el aceite esencial del agua sobrenadante, decantando al mismo tiempo las partículas sólidas presentes en la emulsión.

Según FMC⁵ la instalación de sistemas de centrifugación bajo dimensionados contribuye a pérdidas entre el 50-60% de aceite esencial en el sistema; por ello, es fundamental instalar sistemas con capacidad suficiente para procesar eficazmente toda la emulsión procedente del “finisher” y evitar así pérdidas importantes de aceite. Tras la centrifugación el aceite esencial de limón, es recogido en un tanque de acero inoxidable, donde floculan las ceras³³.

Extracción con disolventes volátiles

En la extracción con disolventes volátiles, el factor más importante para lograr éxito es la selección del disolvente. El disolvente debe:

- Ser selectivo, esto es disolver rápida y totalmente los componentes odoríferos, con solo una parte mínima de materia inerte.
- Tener un bajo punto de ebullición.
- Ser químicamente inerte al aceite.
- Evaporarse completamente sin dejar cualquier residuo odorífero.
- Ser de bajo precio, y de ser posible, no inflamable.

Se han empleado muchos disolventes, pero el mejor es el éter de petróleo altamente purificado, y el benceno es el que sigue. El equipo de extracción es complicado y relativamente costoso. Los dos tipos de extractores usados son el estacionario y el rotatorio.

Desterpenación

En algunos aceites existe una gran cantidad de terpenos. Esto sucede especialmente con los aceites de limón y naranja, que contienen hasta 90% de α -limoneno en su composición normal. No solo son de poco valor los terpenos y sesquiterpenos para la fuerza y carácter de los aceites, sino que también se oxidan y polimerizan rápidamente en reposo para formar compuestos de un sabor fuerte y semejante a la trementina. Además, los terpenos son insolubles con la baja intensidad del alcohol empleado como disolvente, por lo que forman soluciones oscuras que se aclaran con dificultad. De aquí que sea deseable eliminar los terpenos y sesquiterpenos de los aceites, por desterpenación. Se pueden aplicar dos métodos, ya sea la eliminación de terpenos, sesquiterpenos y parafinas por destilación fraccionada a presión reducida, o la extracción de los compuestos oxigenados más solubles, con alcohol diluido u otros disolventes³⁴.

Destilación al vacío

La destilación al vacío es un método para destilar sustancias a temperaturas por debajo de su punto normal de ebullición. Este método es tan efectivo como la destilación por vapor, pero más caro. Cuanto mayor es el grado de vacío, menor es la temperatura de destilación. Si la destilación se efectúa en un vacío prácticamente perfecto, el proceso se llama destilación molecular. Este

proceso se usa normalmente en la industria para purificar vitaminas y otros productos inestables. Se coloca la sustancia en una placa dentro de un espacio en el que se ha hecho el vacío y se calienta. El condensador es una placa fría, colocada tan cerca de la primera como sea posible. La mayor parte del material pasa por el espacio entre las dos placas y, por lo tanto, se pierde muy poco.

El proceso general de extracción de aceites esenciales de cítricos consta de varias etapas³⁵:

- **Recepción e inspección**

El fruto es recibido en el piso y se revisa que sea un fruto bien desarrollado, entero, limpio de golpes y de consistencia firme, de textura razonablemente lisa y sin signos de putrefacción o descomposición.

- **Transporte y selección**

Del área de recepción de materia prima, el fruto se transporta a través de una banda hacia el área de lavado y en el trayecto se seleccionan y eliminan los frutos que presenten signos de descomposición o que no reúnan las características requeridas.

- **Lavado**

La banda transportadora eleva los frutos a un tanque de acero inoxidable, donde recibe chorros de agua a presión desde diferentes ángulos. A través de este lavado se eliminan agentes extraños y otros tipos de microorganismos.

- **Transporte**

Una banda de transporte conduce los frutos del área de lavado al área de extracción.

- **Extracción**

La banda coloca el fruto en una prensa de gusano helicoidal, en forma de cono de avance con paredes perforadas en donde escurre el zumo. El fruto es aplastado para romper las celdillas que contiene el aceite esencial; la prensa mantiene una lluvia para desalojar con rapidez la esencia formando con ella una emulsión. La cáscara y el bagazo pueden ser procesados como subproducto para ser utilizados como alimento para ganado. A su vez, la cáscara puede ser lavada y deshidratada y sirve como base para la obtención de pectinas.

- **Transporte al área de destilación**

La emulsión de zumo, aceite y agua se colecta en un tanque receptor, del cual mediante bombeo se transporta hacia el área de destilación.

- **Destilación**

El bombeo lleva a la emulsión también llamada caldo hasta un tanque de destilación, al cual se le inyecta vapor de agua para aumentar su temperatura y lograr la evaporación del agua y aceite esencial.

- **Condensación y separación**

Los vapores de agua y aceite esencial pasan por un condensador, donde cambian a forma líquida y por decantación se separa el aceite esencial del agua, con la que fue arrastrado y se deposita en un recipiente de lámina galvanizada.

- **Inspección**

Del recipiente que contiene el aceite, se toman muestras para valorar su aspecto que debe ser cristalino y no presente turbidez, sólidos o agua, que tenga color ligeramente amarillo de tono casi incoloro, que su olor sea limpio sin rastros de rancio o quemado y que su sabor no tenga rastros extraños y, por último, que su densidad relativa sea adecuada, ya que una densidad relativa baja indica un aceite ligero debido a una destilación incompleta. Por otra parte una densidad alta, indica una destilación muy prolongada, utilización de limones muy maduros o un aceite muy viejo.

- **Envasado**

El aceite pasa por medio de bombeo al área de envasado, que se realiza en recipientes de lámina galvanizada recubierta de pintura epóxica, la cual evitará la contaminación del producto.

- **Almacén de producto terminado**

El aceite se almacena como producto terminado listo para su distribución.

Dado que los rendimientos de extracción de aceites esenciales suelen ser muy bajo (0,1-0,4%), normalmente su extracción industrial está asociada con la obtención de otros productos como puede ser la producción de cáscara deshidratada como base en la obtención de pectinas.

Proceso de producción de cáscara deshidrata

La cáscara deshidratada se obtiene del prensado y separación de la emulsión zumo-aceite del fruto, para posteriormente triturarla y disolver mediante agua todos los sólidos solubles y posteriores secados con aire caliente forzado a través de un cilindro giratorio.

La descripción del proceso para la obtención de cáscara deshidratada consiste en varias etapas³⁵:

- **Después de la extracción en el proceso para la obtención de aceite esencial;** prácticamente aquí inicia el proceso para la obtención de cáscara deshidratada, en donde se obtiene como subproductos de la extracción: cáscara y bagazo. Este último subproducto se usa para preparar enmelazadas para el ganado, y la cáscara se separa para lavarla.
- **Lavado:** aquí se eliminan posibles vestigios de bagazo o material extraño que pudiera contaminar la cáscara.
- **Prensa exprimidora:** esta tiene la función de eliminar el exceso de agua, para que facilite el secado.
- **Secado:** este tiene la función de eliminar totalmente el agua contenida en la cáscara, y esto se hace a través de un secador que pasa el aire caliente a contracorriente por un secador cilíndrico de acero inoxidable.
- **Inspección:** aquí se verifican las propiedades organolépticas de la cáscara deshidratada y se constata el aspecto, el olor, color y el sabor.
- **Envasado:** se deposita en tolvas o bodega del producto, en donde se envasa en bolsas de propileno nuevas de 25 a 30 Kg de capacidad.
- **Almacenamiento:** se almacena en bodega y esta listo para envío o a su distribución final.

Valor agregado

En la actualidad se acepta ampliamente que los efectos benéficos de las frutas en la prevención de enfermedades de alto impacto como aquellas de tipo cardiovascular y ciertos tipos de cáncer se deben a sus componentes bioactivos; esto ha conducido a un aumento en la conciencia de los consumidores acerca de los problemas de salud relacionados con la dieta y ha llevado a buscar alternativas para incorporar en la ingesta diaria algunos componentes que puedan beneficiar la salud, lo cual ha promovido la aparición en el mercado

de una amplia gama de productos entre los que se cuentan suplementos nutricionales y alimentos funcionales (nutracéuticos) o frutas con un mayor contenido de metabolitos activos. Adicionalmente, existe un recelo por parte de los consumidores frente a aditivos de origen sintético y, por ende, la demanda de colorantes, saborizantes y antioxidantes de origen natural ha aumentado considerablemente en los últimos años³⁶.

El consumo de antioxidantes está fundamentado en estudios epidemiológicos y clínicos que demuestran el enlace entre factores como: dieta, estilo de vida, exposición a radiación, metales, pesticidas, tóxicos, y algunos medicamentos; con la aparición y desarrollo de enfermedades como cáncer, diabetes, aterosclerosis, desórdenes neurodegenerativos y envejecimiento. Todas estas condiciones patológicas están asociadas a un estado conocido como “estrés oxidativo”, es decir, un aumento en las especies oxidantes (principalmente Especies Reactivas del Oxígeno –ERO-) y/o una disminución en los mecanismos de detoxificación.

Las ERO, según su propio nombre, presentan una reactividad más alta que el oxígeno molecular. Algunas de ellas pueden ser radicales libres, es decir, moléculas o fragmentos moleculares que contienen uno o más electrones desapareados en orbitales atómicos o moleculares. Este electrón desapareado confiere un grado considerable de reactividad al radical libre y logra, además, existir de forma independiente por cortos períodos de tiempo³⁷.

Podríamos decir, entonces, que la actividad antioxidante es la capacidad de una(s) sustancia(s) para inhibir la degradación oxidativa. En los alimentos, los antioxidantes desempeñan un papel importante en la determinación de su calidad, ya que intervienen en su apariencia, color, olor, acidez, e incluso en sus propiedades potencialmente beneficiosas para la salud humana.

En general, un alimento puede ser considerado funcional si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, que mejora el estado de salud y de bienestar, o bien que reduce el riesgo de una enfermedad. El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón durante la década de 1980 con la publicación de la reglamentación de los “Alimentos de uso específico para la salud” (“Foods for Specified Health Use” o FOSHU).

En Colombia, la normativa actual para el desarrollo de este tipo de productos fue establecida en los decretos 3249 de 2006, 3863 de 2008 y Resolución 3096 de 2007, en donde se dan las siguientes definiciones:

- **Declaraciones de nutrientes.** Es la relación o enumeración del contenido nutricional de un producto.
- **Declaraciones de propiedades en salud.** Es toda información que afirme, sugiera o implique la existencia de una relación entre un componente contenido en los productos objeto del presente decreto y una condición de salud.
- **Declaraciones de propiedades nutricionales.** Se entiende por cualquier representación que afirme, sugiera o implique que un producto posee propiedades nutritivas particulares incluyendo pero no limitándose a su valor energético y contenido de vitaminas, minerales y oligoelementos.
- **Suplemento dietario.** Es aquel producto cuyo propósito es adicionar la dieta normal y que es fuente concentrada de nutrientes y otras sustancias con efecto fisiológico o nutricional que puede contener vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos, otros nutrientes y derivados de nutrientes, plantas, concentrados y extractos de plantas solas o en combinación.

Específicamente, la Resolución 3096 de 2007 reglamentó la rotulación y declaraciones de los suplementos dietarios, de tal forma que se establece que las declaraciones de propiedades nutricionales pueden ser relativas al contenido de los nutrientes, por ejemplo “buena fuente de calcio”, “bajo contenido de grasa”.

Por su parte, en cuanto a las declaraciones de propiedades en salud existen tres tipos:

- **Declaraciones de propiedades relativas a la función del nutriente** entendidas como aquellas que describen la función fisiológica del nutriente en el crecimiento, desarrollo y funciones normales del organismo, dentro de su consumo regular.

Un ejemplo puede ser: El calcio ayuda en el desarrollo de huesos y dientes fuertes, el producto X contiene Y gramos de calcio.

Para poder hacer esta declaración es necesario que el producto contenga mínimo 20% del valor diario recomendado para el nutriente correspondiente.

- **Declaraciones de propiedades de reducción de riesgos.** Son aquellas referencias a la reducción del riesgo de desarrollar una enfermedad. El artículo 20 de la resolución 3096 establece que “las declaraciones de propiedades de otras funciones deben ser aprobadas por el INVIMA. El fa-

bricante o titular del registro debe contar con la justificación que soporte la veracidad de dicha declaración y que demuestre que no es engañosa”.

Los flavonoides como antioxidantes en zumos de cítricos.

Los flavonoides son constituyentes de amplia distribución en el reino vegetal; implícitamente se encuentran en todas las plantas, pero su distribución cuantitativa varía entre diferentes órganos y en diferentes poblaciones de una misma planta, gracias a un control genético interactuando con factores ambientales como madurez, clima, altitud, nutrición y prácticas agrícolas³⁸.

En la **figura 6** se puede apreciar el perfil de flavonoides presentes en el zumo de mandarina ‘Clementina’ cultivada en La Calera, Perú y en el suroeste antioqueño.

Como se puede apreciar, el zumo de la mandarina ‘Clementina’ producida en Támesis tiene un perfil de flavonoides dominado principalmente por hesperidina, mientras que aquel producido de la fruta cultivada en Perú presenta un pico adicional correspondiente a naringina.

Los flavonoides del tipo rutinósido (como la hesperidina) son menos amargos que aquellos del tipo neohesperidinósido (como la naringina), por lo tanto, podría esperarse que el zumo de la fruta cultivada en Támesis presentará un mejor perfil sensorial comparado con aquel de la fruta cultivada en Perú.

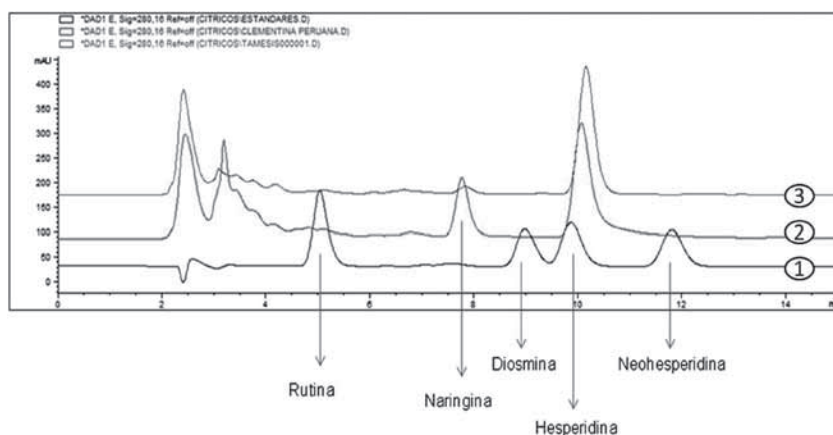


Figura 6. Comparación entre el perfil de flavonoides (1) del zumo de mandarina Clementina peruana (2) y cultivada en el suroeste antioqueño (3)

Adicionalmente, el contenido de hesperidina en los zumos de cítricos depende en gran medida de la metodología usada para la extracción³⁹.

En un estudio realizado entre la Universidad de Antioquia y Corpoica, se ha observado que el zumo de mandarina ‘Clementina’ obtenido por la tecnología FMC contiene mayor cantidad de hesperidina que el zumo obtenido por Zumex, probablemente debido al mecanismo de extracción, en el cual existe mayor recuperación del zumo y probablemente una mayor remoción de la hesperidina, presente, principalmente en la porción blanca del fruto (albedo)⁴⁰ (figura 7).

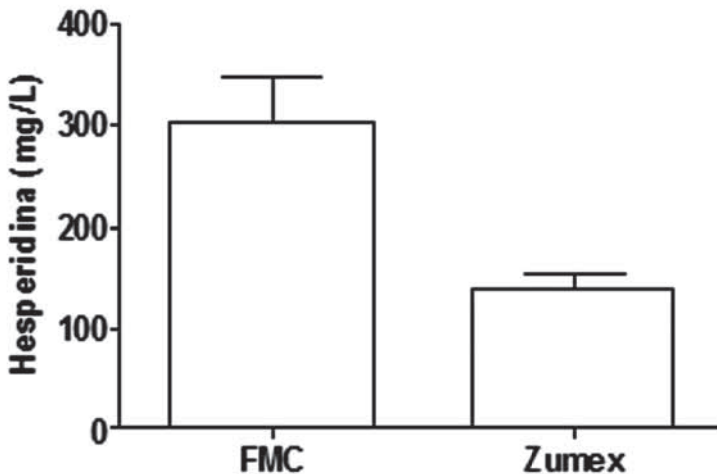


Figura 7. Contenido de hesperidina en zumos de mandarina ‘Clementina’ obtenida por tecnologías de exprimido FMC y Zumex.

Conclusiones y recomendaciones

La industria de los cítricos en Colombia está aún en su fase inicial de desarrollo, por lo que requiere de una fuerte alianza entre las universidades, entidades de investigación, y el sector productivo y empresarial, para lograr niveles de innovación y competitividad significativos en los mercados.

Hay algunas empresas que han incursionado en el mercado de zumos de cítricos en Colombia hace ya algunos años (Frudelca, Túnez, entre otras), sin embargo, requieren de estrategias de marketing, innovación y diversificación de productos para se tornaren competitivas.

Se requiere analizar posibilidades en I+D+i que viabilicen la diversificación de la oferta del sector. Existen oportunidades para seguir desarrollando nuevos productos a base de cítricos y la detección de nuevos mercados para estos desarrollos. La investigación en nuevos productos en Colombia es aún incipiente.

Igualmente, se debe de intensificar la investigación sobre los residuos de plaguicidas en la fruta fresca, y sobre el impacto ambiental de la industria, para cumplir con las crecientes exigencias regulatorias medioambientales.

Es necesario hacer prospectiva tecnológica e inteligencia de mercados, tanto para las mejoras tecnológicas del sector como para la conquista de nuevos mercados, y el manejo adecuado de los mercados ya conquistados. Para ello, la conformación de un Observatorio Tecnológico y Comercial puede ser de suma utilidad, dado que permitiría el estudio de las variables que afectan la evolución productiva, tecnológica y comercial del sector cítrico.

Referencias bibliográficas

1. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Major food and agricultural commodities and producers statistics. [En línea]. Rome: Economic and Social Department - The Statistics Division. 2006. [Consultado el 5 de septiembre de 2011]. Url disponible en: www.fao.org/es/ess/top/topproduction.html
2. JOHNSON, Teiko M. La producción de zumo de cítricos y la aplicación de tecnología al mercado de productos frescos. China/FAO Simposio Sobre Cítricos. Lakeland, Florida, USA: FAO, 2001. p. 79-85
3. OMS – FAO. Codex Stan 247-2005. Norma general del codex para zumos (zumos) y néctares de frutas. Roma: FAO, 2005. 21 p.
4. GARZA, S. Industrias de zumos de frutas y derivados: tecnología de la extracción de zumos. Universidad de Lleida, Guías Docentes. Disponible en la web <http://web.udl.es/usuaris/a1743621/Temas/tema5.html>.
5. FMC. The FMC oil recovery system. Tech. Bull. 1980.
6. ALVAREZ, R.; et al. Correlation between chromatographic profiling by HS-SPME and sensory quality of mandarin juices: effect of squeeze technology. Springer. In: International Congress on Engineering and Food. "FOOD PROCESS ENGINEERING IN A CHANGING WORLD". iCEF11. Congress Proceedings. 2011. Vol. III: 2015-2016.
7. BRUZONE, A. I. Zumo concentrado congelado de naranja. Análisis de Cadena Alimentaria. En: Revista Alimentos Argentinos, 28. 2005. [Citado el 10 de sep-

- tiembre de 2011]. Url disponible en http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r_28/Zumo_congelado_naranja.htm
8. DEPARTAMENTO DE SERVICIOS HUMANOS Y SALUD DE EE.UU. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN). 2004. Guidance for Industry. Juice HACCP Hazards and Controls Guidance. First Edition. [Citado el 15 de septiembre de 2011]. Url disponible en <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/uidanceDocuments/Juice/ucm072557.htm>
 9. PADRÓN, J. La calidad en los zumos y néctares de frutas. Grupo Vichy Catalán. [Citado el 05 de septiembre de 2011]. Url disponible en www.grupovichy-catalan.es/docs/LAM5_2.pdf
 10. GUERRA, F. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de cítricultura. Cuba: Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. 1996. p. 242-257.
 11. TING, S. V. y ROUSSEFF, R. L. Vitamins Citrus fruit and their products: analysis and technology New York: Marcel Dekker, 1986. p. 121-136.
 12. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC. Frutas frescas. Naranja Valenciana. Especificaciones. Bogotá: ICONTEC, 1997. 15 p. (NTC 4086)
 13. DHUIQUE-MAYER, C.; et al. Varietal and Interspecific Influence on Micronutrient Contents in Citrus from the Mediterranean Area. In: Journal of agricultural and food chemistry. 2005. Vol. 53, No. 6. p. 2140-2145.
 14. STUETZ, W.; et al. Polymethoxylated Flavones, Flavanone Glycosides, Carotenoids, and Antioxidants in Different Cultivation Types of Tangerines (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampueng) from Northern Thailand. In: J. Agric. Food Chem. 2010. Vol. 58. p. 6069–6074.
 15. CANO, A.; MEDINA, A. y BERMEJO, A. Bioactive compounds in different citrus varieties. Discrimination among cultivars. In: Journal of Food Composition and Analysis. 2008. Vol. 21, No. 5. p. 377.
 16. ESPAÑA. MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. Orden de 29 de enero de 1988 por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de zumos de frutas y otros vegetales y sus derivados. Madrid: Boletín Oficial del Estado BOE. 1988. 11 p.
 17. ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. DECRETO 1518/2007 de 16 de noviembre por el que se establecen parámetros mínimos de calidad en zumos de frutas y los métodos de análisis aplicables. Madrid: El Ministerio, 2007. 8 p.

18. INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD – IB-NORCA. Anteproyecto de la Norma Boliviana para Zumo de Naranja APNB 36008. 8 p.
19. RIAÑO, Nestor; et al. Estudio de crecimiento, fenología, y pronósticos de cosecha en Naranja Valencia sobre Sunki x English y Citrumelo 4475 en la zona centro Occidente de Colombia. Chinchiná -Manizales: Cenicafé, 2006. 45 p.
20. MARCY, J.; et al. Factors affecting storage of orange concentrates. In: Journal of food science. 1984. Vol. 49, No. 6. p. 1628-1629.
21. PINO, J.; RANIVOELISOV, A. y TORRICELL, R. A. Influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad del zumo de naranja envasado en frascos de vidrio. En: Rev. agroquím. tecnol. alim. 1987. Vol. 27, No. 2. p. 261-269.
22. PINO, J. y TORRICELL, R. A. Conocimientos actuales sobre los constituyentes volátiles de los zumos cítricos. Boletín de reseñas. Cítricos y otros frutales. N° 14. 1983.
23. SIZER, C.; WAUGH, P.; EDSTAM, S.; ACKERMANN, P. Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice. En: Food Technology. 1988. p. 152-159.
24. ALBEROLA, J.; IZQUIERDO, L. La fracción aromática del zumo de naranja. IV Componentes identificados. En: Rev. Agroquim. Tecnol. Alimen. 1980. Vol. 20, No. 1, p. 79-85.
25. DURR, P. Aroma quality of orange juice - a brief review. En: Alimenta. 1980. Vol. 19, p. 35-36.
26. GUERRERO, L.; VENTURA, F. y BOTA, E. Evolución química de los zumos de naranja durante su almacenamiento. ARXIVUS de l'Esc. Sup. d'Agricultura de Barcelona. 1988. N°11. p. 59-74.
27. PEROTE, A. ¿Cómo elaboramos un zumo de naranja directo de calidad?. [En línea]. [s. n.]: Instituto Mas Pascual, 2006. [Citado el 15 de agosto de 2011]. Url disponible en: <http://www.institutomaspascual.es/reportajes/muestra.asp?id=1727>
28. SEGUÍ, M. V.; et al. Determinación de limonina en zumo de naranja por cromatografía líquida de alta resolución. En: Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1992. Vol. 32, No. 2. p. 165-172.
29. SARAIVA, J. M. Alternativas de industrialización y procesamiento para cítricos. Viña del Mar, 2003.
30. DI GIACOMO, A. y MINCIONE, B. Gli olii essenziali agrumari in Italia. Sottoprogetto 4, monografia raisa n°3. Rome: Laruffa Editore, 1994.

31. HOLBROOCK, F. K. y BUSHMAN, R. C. Whole fruit peel oil extractor. United States Patent N° 4.257.320. FSTA Abstract 12J1863. 1981.
32. KESTERSON, J. W.; HENDRICKSON, R. y BRADDOCK, R. J. Brown oil extractor. En: *Perfumer & Flavorist*. 1979. Vol. 4, No. 4. p. 9.
33. KIMBALL, D. A. *Citrus Processing: Quality Control and Technology*. New York: Springer, 1991. 473 p.
34. AUSTIN, G. T. 1990. *Manual de Procesos Químicos en la Industria*. Vol. 3. México D.F.: McGraw Hill, p. 680-685
35. VALDES, E. A. *Productores y comercializadores de cítricos*. [s.l.]: Emiliano Zapata, 2002. 55 p.
36. MOURE, A. S.; et al. Natural antioxidants from residual sources. En: *Food Chemistry*. 2001. Vol. 72, No. 2. p. 145-171.
37. VALKO, M.; et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. En: *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2007. Vol. 39, No. 1. p. 44-84.
38. WINKEL-SHIRLEY, B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. En: *Current opinion in plant biology*. 2002. Vol. 5, No. 3. p. 218-223.
39. GIL-IZQUIERDO, A. GIL, M. I. y FERRERES, F. Effect of Processing Techniques at Industrial Scale on Orange Juice Antioxidant and Beneficial Health Compounds. En: *Journal of agricultural and food chemistry*. 2002. Vol. 50, No. 18. p. 5107-5114.
40. VALLEJO, F.; et al. Concentration and Solubility of Flavanones in Orange Beverages Affect Their Bioavailability in Humans. En: *Journal of agricultural and food chemistry*. 2010. Vol. 58, No. 10. p. 6516-6524.

Aprovechamiento de los subproductos citrícolas

Julián Londoño-Londoño*

Jelver Sierra**

Rafael Álvarez***

Ana María Restrepo Duque****

Catarina Pedro Pássaro Carvalho*****

Resumen

En este capítulo se describen las principales sustancias químicas presentes en los residuos de la industrialización de cítricos. Especialmente se detallan en los carotenoides, aceites fijos y esenciales, flavonoides, limonoides y pectina. Finalmente se relacionan aplicaciones de estos componentes en los sectores pecuario, farmacéutico, alimentario y ambiental.

Palabras clave: residuos, subproductos, industria cítrica

The use of citrus' sub products

Abstract

This chapter describes the main chemical substances contained by the waste generated in citrus' industrialization. An especial emphasis is given for carotenoids, fixed and essential oils, flavonoids, limonoids and pectin. Finally, applications of these components for the livestock, pharmaceutical, alimentary and environmental sectors are also described.

Key words: waste, sub products, citrus industry

* **Químico Farmacéutico.** Doctor en Ciencias Químicas. Docente de la Corporación Universitaria Lasallista. Grupo de Investigación en Ingeniería de Alimentos. Caldas, Antioquia – Colombia.

** **Químico Farmacéutico.** Magister en Biología-Genética. Candidato Doctor en Ingeniería de Materiales. Universidad de Antioquia. Grupo de Investigación en Sustancias Bioactivas. Medellín -Colombia.

*** **Químico Farmacéutico.** Doctor en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. Universidad Federal de Santa Catarina. Departamento de Ciencias Farmacéuticas. Florianópolis-Brasil.

**** **Ingeniera Química.** Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Docente de la Corporación Universitaria Lasallista. Grupo de Investigación en Ingeniería de Alimentos. Caldas, Antioquia – Colombia.

***** **Ing. Agrónoma.** Ph.D. en Ing. de Alimentos. Corporación de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. CI La Selva. Rionegro, Antioquia – Colombia.

Introducción

A nivel mundial, la preocupación acerca del aprovechamiento de residuos ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica y sobre todo a nivel industrial, en donde los procesos de transformación generan desechos y subproductos que pueden ser útiles en otras actividades; sin embargo, los residuos generados en las transformaciones agroindustriales no han sido aprovechados eficientemente en Colombia, en parte, porque su valor es aún desconocido.

Específicamente, el aprovechamiento industrial de los cítricos se ha convertido en una actividad intensiva en donde participan empresas dedicadas a toda la cadena productiva (cultivadores, procesadoras, centros de distribución y exportadores), produciendo jugos, pulpas, concentrados y frutas en fresco; pero a medida que la producción crece, se aumenta también la generación de residuos sólidos y líquidos, los cuales están compuestos principalmente de agua, azúcares solubles, fibra, ácidos orgánicos, aminoácidos, minerales, aceites esenciales, flavonoides y vitaminas, estando en cantidades diferentes dependiendo de la fracción de la fruta (jugo, cáscara, pulpa, mesocarpio), su estado de madurez y el sistema empleado para la extracción del jugo¹.

Subproductos de cítricos

Actualmente, se producen más de 120 millones de toneladas de cítricos en todo el mundo, de las cuales el 40% es utilizado por la agroindustria para extraer cerca de la mitad del peso del fruto como zumo. El resto, la piel, las semillas y la pulpa se convierten en residuos. Así, tan solo en España, las cantidades de residuos ascienden a 600.000 toneladas por año y en Florida (USA) a 5 millones de toneladas por año. Por su parte, de acuerdo con la producción mundial de cítricos, se estima que en el mundo se estarían produciendo alrededor de 20 millones de toneladas en residuos de cítricos².

Los residuos de cítricos pueden clasificarse como líquidos ó sólidos. Los principales residuos líquidos identificados en el proceso de transformación de cítricos incluyen: los de la línea de extracción de jugo, los del lavado de la cáscara, y aquellos obtenidos en el proceso de centrifugación en la línea de recuperación de aceites esenciales. Por lo general son residuos de naturaleza muy diluida o corresponden a una proporción pequeña del total de material de desecho³, a excepción de las melazas, las cuales corresponden a un líquido obtenido por prensado de las cáscaras y evaporado hasta obtener una fase viscosa, de color marrón y con 72° Brix. La melaza de cítricos es similar a la

melaza de caña, con cerca de 45% de azúcares totales, sin embargo, tiene más proteínas y un contenido de cenizas inferior.

Con relación a los residuos sólidos, la cáscara constituye la principal fracción de residuos, representando alrededor del 50% del total del peso de la fruta. Además, si se trata de frutas que han crecido en zonas tropicales, podría existir una mayor producción de residuos, toda vez que estas frutas tienden a presentar una relación más alta de cáscara/pulpa comparada con frutas subtropicales⁴.

Sustancias con interés industrial presentes en residuos de cítricos

La composición química de los residuos de cítricos dependen de muchos factores como por ejemplo: la especie de cítrico, la fracción de la fruta, el estado de madurez, la procedencia geográfica y el sistema empleado para la extracción del jugo.

Sin embargo, debido a que la composición química de una fruta corresponde a las características bioquímicas y fisiológicas propias de la especie vegetal, así como a la función que cumplen estas sustancias en la planta, haremos un análisis de la composición química de los residuos de cítricos de acuerdo con su ubicación en la fruta.

En general, todos los cítricos tienen una estructura idéntica, salvo cuando se trata de dimensiones y forma. Por ejemplo, los limones son generalmente ovalados con el eje central siguiendo el tallo; las mandarinas son aplastadas en los polos con el eje central en el plano ecuatorial, mientras que la mayoría de las naranjas son redondas. En cuanto a las partes que constituyen el fruto están: epidermis, flavedo, albedo, endocarpio, septas, semillas y eje central (**figura 1**)

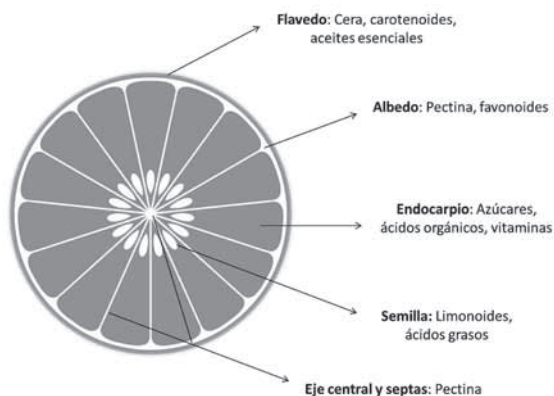


Figura 1. Representación esquemática de la distribución de la composición química de un fruto cítrico.

Epidermis: La piel del fruto está constituida por una estructura epicuticular en forma de placas con células secretoras y esclerenquimáticas donde su función es proteger mecánicamente y limitar la transpiración mediante la exudación de cera, cuya cantidad depende de la variedad, del clima y del crecimiento de las frutas. Esta capa suele alojar una microflora constituida principalmente por hongos y bacterias.

En general, alcanos, aldehídos y ácidos grasos son los componentes principales de la cera epicuticular cítrica, mientras que los alcoholes primarios y triterpenoides son constituyentes menores. Además, se ha encontrado que el contenido de esta cera se incrementa durante la maduración del fruto alcanzando hasta 110 µg/cm⁵.

Flavedo: Bajo la epidermis se encuentra el flavedo que aloja vesículas oleaginosas con paredes muy finas y frágiles. En el flavedo son importantes los pigmentos y los aceites esenciales. Los pigmentos dan su color amarillo o anaranjado a los frutos. Antes de madurar predomina el color verde de la clorofila, pero a medida que la fruta va madurando aparecen los carotenoides que le confieren el color amarillo-naranja.

Carotenoides: El contenido global de carotenos es mayor en las naranjas, le siguen las mandarinas y es muy pequeño en las limas, limones y toronjas. En las naranjas oscila de 30 a 300 mg/Kg de corteza fresca; en las mandarinas de 80 a 140 mg/Kg y en los demás de 1 a 5 mg/Kg. En la **tabla 1** se muestra el contenido de carotenoides individuales en diferentes especies de cítricos y en la **figura 2** se pueden apreciar sus estructuras químicas.

Tabla 1. Contenido de carotenoides (%) en cáscaras de diferentes especies cítricas⁶.

Carotenoide	Naranja	Mandarina	Clementina	Toronja	Limon
Neocromo	1.6	3.1	5.7	2.2	4.3
β-citraurina	10.0	13.3	28.0	9.3	4.0
Luteoxantina	2.9	1.6	6.1	2.1	0.5
9Z-Violaxantina	33.8	18.0	7.9	6.4	1.6
Luteína	6.6	5.4	4.1	7.6	8.3
β-criptoxantina	3.5	23.4	13.4	11.3	19.9

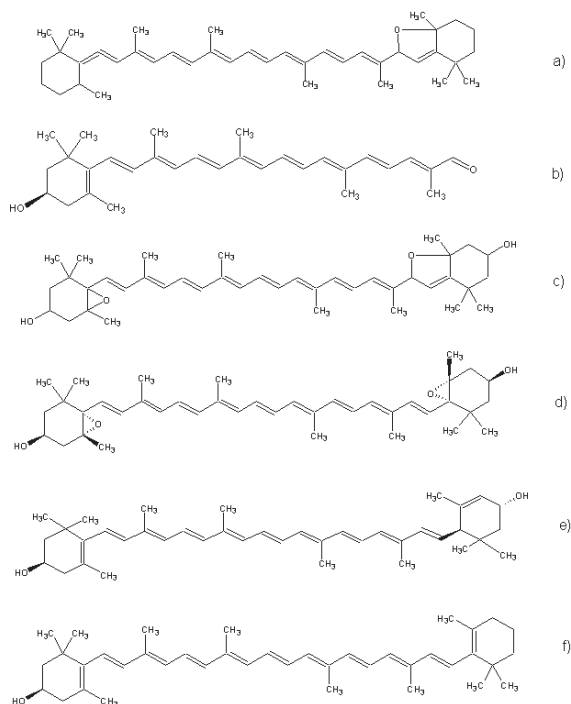


Figura 2. Estructuras químicas de los principales carotenoides presentes en la cáscara de algunas especies de cítricos. a) Neocromo, b) β-citraurina, c) Luteoxantina, d) 9Z-Violaxantina, e) Luteina, f) β-criptoxantina.

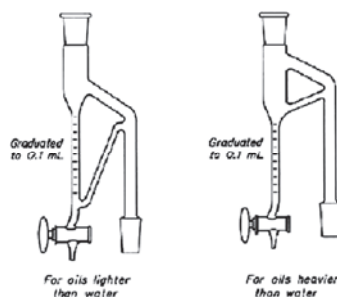
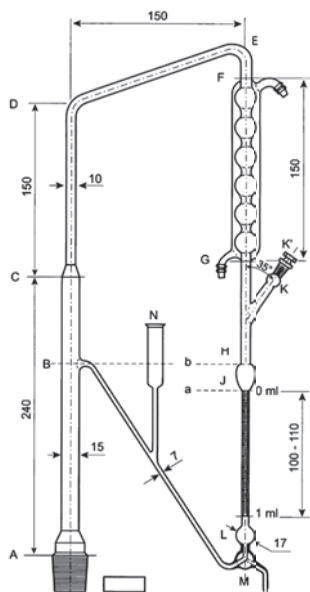
Aceites esenciales: Los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, frutos, hierbas, especias, semillas y a ciertos extractos de origen animal. Se trata de productos químicos intensamente aromáticos, no grasos, volátiles por naturaleza y livianos (poco densos). Son insolubles en agua, levemente solubles en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales. En gimnospermas y angiospermas es donde aparecen las principales especies que contienen aceites esenciales, distribuyéndose dentro de unas 60 familias. Son particularmente ricas en esencias las pináceas, lauráceas, mirtáceas, labiáceas, umbelíferas, asteráceas y rutáceas.

En cuanto al rendimiento del aceite obtenido de una planta, éste varía de unas cuantas milésimas por ciento de peso vegetal hasta 0.1-3 %.

Caracterización química de aceites esenciales: De manera general, el procedimiento para determinar la composición química de los aceites esen-

ciales incluye una secuencia de etapas desde la preparación de la muestra, la extracción y el análisis.

La extracción se puede realizar por hidrodestilación en la cual las cascavas exprimidas se pesan en balanza electrónica y posteriormente se reducen de tamaño, este material se humecta con 1 litro de una solución al 5% (p/v) de NaCl para que durante el proceso se produzca un efecto salting-out y mejorar la liberación de los compuestos orgánicos volátiles, posteriormente las cascavas molidas se cargan en un hidrodestilador, de tal manera que formen un lecho fijo compactado. Los equipos más comunes de hidrodestilación se muestran a continuación:



Equipo para hidrodestilación de aceites esenciales de United States Pharmacopoeia, USP 32 NF27.

Equipo para hidrodestilación de aceites esenciales de British Pharmacopoeia 2007.

Figura 3. Equipos de hidrodestilación propuestos por las Farmacopeas Británica y Farmacopea Norteamericana (USP) para la extracción de aceites esenciales.

En el equipo de la USP el vapor de agua se genera en un balón de vidrio fondo plano, el cual contiene el material vegetal. Conforme el vapor se expande por el recipiente las cascavas comienzan a liberar el aceite esencial contenido en ellas, y a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada

del conducto de salida del hidroddestilador. En el condensador, la mezcla se condensa y enfría, hasta la temperatura ambiente. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable, la cual se separa en la parte distal del equipo de destilación. Al final del proceso se recogen cantidades del aceite esencial, el cual es menos denso que el agua quedando suspendido en la parte superior de la columna de agua y por otro lado se obtiene sustancias orgánicas volátiles polares disueltas en estas aguas, las cuales se denominan “*aguas aromáticas*” o “*aguas florales*”.

La composición de los aceites esenciales de cítricos se puede establecer por Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS), generalmente con una columna capilar tipo HP5 y usando Helio como gas de arrastre. La identificación se realiza por comparación del patrón de fragmentación con librerías y reportes de la literatura.

Para asegurar la identidad y autenticidad de un producto de origen vegetal, típicamente se realizan en forma conjunta la identificación química e identificación botánica. La identificación química aplica frecuentemente procedimientos cromatográficos para la detección de un compuesto marcador especificado por la literatura efectuando normalmente procedimientos de comparación de perfiles conocidos comúnmente como “*fingerprint*” o huella digital.

En la aplicación de la identificación botánica y de la información química aparece el concepto quimiotaxonómico de cada especie. Para este propósito se establecen compuestos marcadores que constituyen índices de identificación y calidad. Como tal estas sustancias constituyen una expresión directa de la bioquímica de la planta. Aunque la composición de un aceite puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos, resulta necesario identificar las sustancias en los aceites esenciales de cítricos que tienen relevancia analítica para establecerlos como marcadores tipificantes de su procedencia, lo que se denomina como *químio marcadores*.

Las propiedades físico-químicas de los aceites esenciales son diversas, puesto que este grupo engloba diferentes tipos de sustancias, de hecho existen ejemplos de lo heterogéneo que puede ser la composición de un aceite en particular entre una especie y otra. Prácticamente puede encontrarse solo un compuesto como en el caso del aceite esencial de gaulteria que corresponde en un 98-99 % a salicilato de metilo o como sucede con la esencia de canela la cual contiene más de 85 % de cinamaldehído, por su parte existen aceites esenciales de mediana complejidad como en el caso del jasmín y la

manzanilla donde se encuentran más de 30 compuestos y finalmente los aceites esenciales de cítricos son complejos y pueden contener alrededor de 80 compuestos. Algunos quimiomarcadores en aceites esenciales de cítricos se muestran en la **tabla 2**.

Tabla 2. Quimiomarcadores de aceites esenciales de cascaras de mandarina.

Sustancia	Número CAS	Tiempo de Retención (Min)	Porcentaje relativo (%)
1R- α -Pinoeno	7785-70-8	6.113	0.99
Sabineno	3387-41-5	6.671	0.23
α -Pinoeno	127-91-3	6.870	3.78
α -Fellandreno	99-83-2	7.101	0.23
3-Careno	13466-78-9	7.188	0.19
α -Terpineno	99-86-5	7.272	0.43
Limoneno	138-86-3	7.492	51.74
D-Silvestreno	1461-27-4	7.514	8.47
α -Terpineno	586-62-9	7.841	0.64
1-Octanol	111-87-5	7.926	0.29
α -Terpinoleno	586-62-9	8.246	0.68
β -Linalool	78-70-6	8.346	2.70
β -Terpineol	138-7-4	8.984	0.37
L-4-terpineol	20126-76-5	9.429	1.76
α -Terpineol	10482-56-1	9.615	27.28
(S)-cis-Verbenol	18881-04-4	9.914	0.22

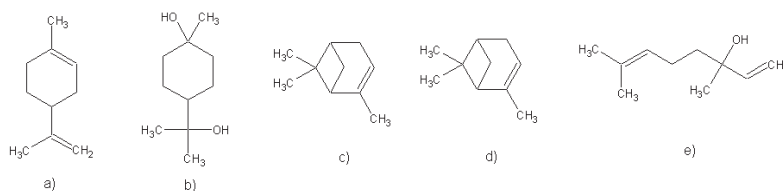


Figura 4. Estructuras químicas de los principales quimiomarcadores presentes en el aceite esencial de mandarina. a) Limoneno, b) α -Terpineol, c) D-Silvestreno, d) β -Pinoeno, e) β -Linalool.

Albedo: Después del flavedo aparece el albedo compuesto por células de estructura tubular que forman una tela con la mayoría del volumen tisular comprimido en el espacio intercelular. La espesura del albedo varía según el tipo de cítricos y de cultivo. El albedo es rico en flavonoides y pectina.

Flavonoides: Los flavonoides son constituyentes de amplia distribución en el reino vegetal, implícitamente se encuentran en todas las plantas, pero su distribución cuantitativa varía entre diferentes órganos y en diferentes poblaciones de una misma planta, explicado por la regulación de la expresión genética y la interacción con factores ambientales (clima, altitud, nutrición y prácticas agrícolas)⁷.

Los flavonoides presentan una gran variedad estructural, con un esqueleto común de núcleo flavon (2-fenilbenzopirano) que contiene dos anillos benzenicos (A) y (B) combinados por un anillo pirano (C) con oxígeno como heteroátomo, donde las modificaciones sobre el anillo C generan una variedad de tipos de flavonoides como se muestra en la **figura 5**. Estructuralmente, las flavanonas tienen el anillo C saturado, mientras que las flavonas presentan una insaturación en los carbonos 2–3. Por su parte, las chalconas y dihidrochalconas tienen una estructura abierta, y desaparece virtualmente el anillo C.

En los cítricos, los flavonoides más abundantes son aquellos pertenecientes a los grupos de las flavonas, flavanonas, chalconas y dihidrochalconas. Estos compuestos tienen una distribución restringida, lo cual hace que sean descritos como flavonoides minoritarios a pesar de estar presentes en concentraciones significativas en algunos alimentos de alto consumo. Las estructuras químicas de los flavonoides más representativos de cítricos se muestran en la **figura 6**.

En cuanto a las modificaciones en los anillos A y B, la glicosilación es un fenómeno común. En general, en los cítricos, las flavanonas se presentan como glicósidos, generalmente rutinósidos (1→6 ramnosil-glucósidos) y neohesperidinósidos (1→6 ramnosil-glucósidos) unidos casi siempre por un enlace O-glicósido al carbono 7 de la aglicona⁸.

Muchos cultivares comerciales de limón, lima, mandarina y naranja dulce han sido caracterizados químicamente demostrando que poseen un patrón de flavonoides principalmente del tipo rutinósido (compuestos menos amargos)⁹, mientras que naranja amarga y pomelo contienen principalmente neohesperidinósidos (compuestos amargos). Por su parte, la toronja, por tratarse de un híbrido, presenta un perfil mezclado de rutinósidos y neohesperidinósidos.

dinósidos. Este hecho es importante, pues los perfiles cromatográficos de los flavonoides glicosilados en cítricos se han convertido en una herramienta útil para quimiotaxonomía de materiales híbridos y para el control de calidad y de adulteraciones en productos derivados¹⁰.

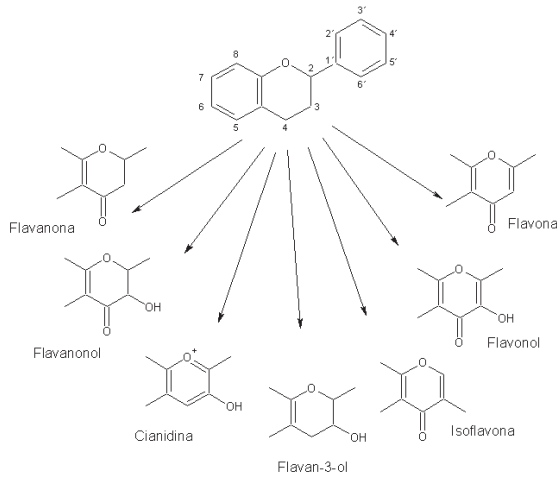


Figura 5. Esquema de la clasificación de los flavonoides basado en las modificaciones estructurales en el anillo C, modificado de Tiwari y colaboradores¹¹.

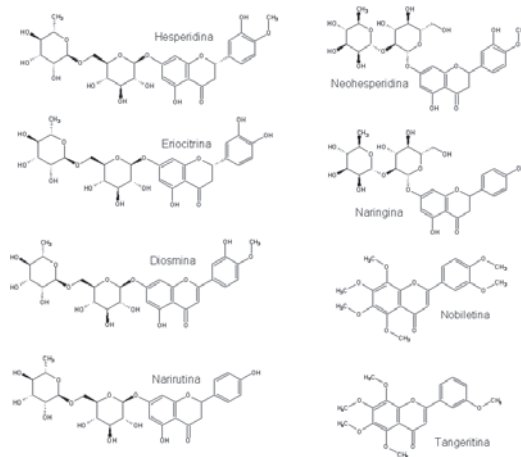


Figura 6. Estructuras químicas de los flavonoides más frecuentes encontrados en cítricos.

Pectina: La pectina es un polímero del ácido galacturónico cuya estructura general es la siguiente:

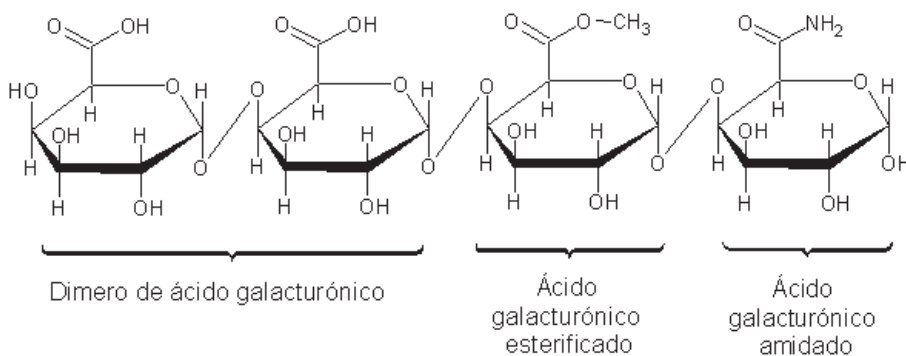


Figura 7. Estructura química de la pectina

Cada anillo de la cadena posee un grupo carboxilo (-COOH). Este grupo puede estar esterificado con metanol produciendo grupos éster metílicos, (-COOCH₃) o neutralizado por una base generando grupos amida (-CONH₂). Según cuántos grupos carboxílicos están esterificados en la cadena o polímero, Kertesz los clasificó dándole diferentes nombres¹²:

- Protopectinas, si todos los carboxilos están esterificados. Estas son insolubles en agua y se hallan en mayor cantidad en los tejidos de los frutos no maduros o verdes.
- Ácidos pectínicos: Si solo una parte pero mayoritaria de los carboxilos está esterificada. Estos compuestos son capaces de formar geles si las condiciones de sólidos solubles y pH son adecuadas. Las sales de estos ácidos se llaman pectinatos.
- Pectinas: Son los ácidos pectínicos, solubles en agua caliente, con un contenido medio de éster metílico. La principal característica es su capacidad de formar geles en presencia de suficientes sólidos solubles, ácidos o iones polivalentes.
- Ácidos pectínicos: Estos compuestos no poseen grupos carboxílicos esterificados. Las sales de estos se denominan pectatos y reaccionan fácilmente

con los iones calcio de las células para producir compuestos insolubles en los jugos de frutas, dando un precipitado visible comúnmente en la separación de fases o abanderamiento en los néctares.

Así, existen dos características químicas fundamentales que definen las propiedades de las pectinas. 1) grado de esterificación, 2) longitud de la cadena. El comportamiento y las aplicaciones prácticas de los diferentes tipos de pectinas se explican según los valores de estas dos características.

Según el grado de esterificación, las pectinas se clasifican como de alto o bajo metoxilo.

Las pectinas de bajo metoxilo (LMP, Low Methoxyl Pectins): presentan esterificación menor del 50% y gelifican solamente con presencia de iones calcio. Algunas veces aparecen grupos amidados luego de los procesos industriales de desmetilación en medio amoniacal.

Las pectinas de alto metoxilo (HMP, High Methoxyl Pectins): poseen grupos carboxilo esterificados en más del 50%. Este grado de esterificación determinará el comportamiento de las pectinas en la gelificación, de tal manera que se requiere una concentración mínima de sólidos solubles y un valor de pH que oscila en un rango relativamente estrecho.

El poder gelificante de la pectina se expresa en grados SAG. Estos grados se definen como “el número de gramos de sacarosa que en una solución acuosa de 65 ° Brix y un valor de pH 3,2, son gelificados por un gramo de pectina, obteniéndose un gel de una consistencia determinada”¹².

- **Propiedades fisicoquímicas de las pectinas:** La disolución en agua de las pectinas en polvo tiene lugar en tres etapas: Dispersión, hinchado y disolución. Para la dispersión del polvo es necesaria una fuerte agitación. Una vez dispersada, la pectina necesita un tiempo (función de la temperatura, de la concentración, de la dureza del agua, etc.) para hidratarse en la etapa conocida como hinchado. Finalmente cuando las moléculas han fijado una cantidad suficiente de agua, entre 15 y 25 veces su propio peso, se obtiene una solución homogénea.

A temperatura ambiente y a su propio pH, (2,8-3,2) las pectinas son mas solubles en agua cuanto mayor es su grado de esterificación. Las disoluciones de pectina son estables en medio ácido (pH: 2,5 a 4,5) incluso a temperaturas elevada; por el contrario sufren una rápida degradación en medio alcalino

La viscosidad de la solución depende de:

- La concentración y la temperatura,
- El peso molecular y el grado de esterificación de la pectina,
- La presencia de electrolitos en el medio,
- La dureza del agua, especialmente en las pectinas de bajo metoxilo.

Las Pectinas de Alto Metoxilo (HM) pueden encontrarse en el mercado de tres tipos:

Gelificación de la pectina	Porcentaje esterificación
Lenta	60 – 67
Mediana	68 – 70
Rápida	71 – 76

La gelificación se entiende como el inicio de la formación del gel en la temperatura crítica de gelificación. Esta temperatura es característica de cada pectina.

En cuanto a la pectina de bajo metoxilo, en solución acuosa sus grupos carboxilo se disocian parcialmente para formar iones carboxilo con carga negativa (R-COO⁻), la adición de azúcar y de ácido modifica completamente este cuadro. El azúcar desarrolla una acción deshidratante sobre la pectina y la lleva al límite de la solubilidad; el ácido, neutraliza los iones carboxilos, reduce las repulsiones de cargas eléctricas y la disociación de la pectina, y favorece las uniones físicas de sus moléculas, generando una estructura reticular.

- **Extracción de pectinas:** Se han reportado múltiples métodos para la extracción de polisacáridos solubles como alginato, carragenanos y pectinas a partir de material vegetal. La pectina es generalmente hidrolizada y extraída con agua acidificada (pH 1-3) a una temperatura entre 60 a 90°C por un tiempo que varía entre 30 minutos y varias horas. Generalmente la extracción se lleva a cabo en reactores con agitación lenta seguida por separación usando filtración. El paso final de purificación consiste en precipitar y lavar las pectinas con alcohol, secar y pulverizar el precipitado¹³⁻¹⁵. Actualmente se han investigado otros métodos alternativos para la extracción de pectina cítrica, entre ellos, el uso de membranas¹⁶, la extracción asistida por microondas¹⁷, la extracción con agua subcrítica¹⁸,

Semilla

Las semillas de cítricos contienen cerca de 36% de aceite con características deseables de un aceite comestible¹⁹. En cuanto a las sustancias con actividad biológica, se han encontrado antioxidantes en las semillas de naranja, limón y toronja, además de la presencia de limonoides con actividad insecticida y antitumoral^{20, 21}.

Aceite de semilla de cítricos

Después de la extracción del jugo, las semillas se separan de los residuos con una paleta, se parten, se lavan, se secan, y el aceite se extrae por prensado, usando en algunos casos un solvente de extracción comercial con n-hexano o éter de petróleo, para mejorar la recuperación del aceite.

El aceite no refinado de semilla de cítricos es pálido, de color amarillento y puede tener un aroma suave o de almendra. Las características físico-químicas de los aceites de semillas de cítricos, es decir, el índice de refracción, peso específico, punto de fusión, color y viscosidad, varían de acuerdo con la especie (**tabla 3**).

El aceite de semillas de cítricos se puede utilizar para cocinar después de refinación. Sin embargo, los crudos se utilizan para la preparación de detergentes y jabones¹⁹.

Tabla 3. Características fisicoquímicas del aceite de semilla de cítricos¹⁹.

PROPIEDAD	LIMON	NARANJA	MANDARINA	MEZCLA
Índice de refracción (25°C)	1,4681±0.001	1,4684±0.002	1,4672±0.001	1,4682±0.001
Densidad (25°C) (g/cm ³)	0.884±0.01	0.914±0,06	0.962±0.09	0.910±0.08
Punto de fusión (°C)	7	7	7	7
Viscosidad (10-1 Pa. s)	0.05	0.07	0.08	0.07
Valor ácido (mg KOH/g aceite)	0.953±0.08	0.673±0.09	1.120±0.09	0.762±0.06
Índice de saponificación (mg KOH/g aceite)	189.5±1.41	190.2±1.87	187.2±1.73	188.3±1.76
Índice ester (mg KOH/g aceite)	188.5±1.40	189.5±1.72	186.8±1.70	187.5±1.41
Índice de peróxido (mEq O ₂ /Kg aceite)	5.95±0.48	6.37±0.51	5.90±0.62	5.98±0.57
Índice de yodo (mg I/g aceite)	96.23±1.34	102.57±1.57	91.54±1.09	99.25±1.07

En cuanto a la composición química, el aceite crudo de semilla de cítricos contiene, principalmente triglicéridos, y en menor proporción, ácidos grasos libres, diacilglicerolos, monoacilglicerolos, esterolos, fosfolípidos, alcoholes e hidrocarburos.

El aceite de cítricos de semilla, como un aceite comestible potencial, sirve como una buena fuente de ácidos grasos esenciales. Más de 60 ácidos grasos han sido encontrados en diversos aceites de semillas de cítricos, entre los cuales los ácidos grasos insaturados están presentes en una gran cantidad (> 65%), principalmente linoleico (> 30%), oleico (> 18%) y linoléico (2-12%), además de cantidades muy pequeñas de ácido mirístico (C14: 1). Los ácidos grasos saturados son menos abundantes que sus contrapartes no saturados en los aceites de semillas de cítricos y consisten principalmente de los ácidos palmítico (C16: 0) y esteárico (C18: 0) 22-31% y 1.6%, respectivamente²².

Limonoides

Los limonoides comprenden un grupo de triterpenos tetracíclicos oxigenados que son ampliamente distribuidos en las plantas de las familias *Rutaceae* y *Meliaceae*, muchos de ellos se encuentran libres (agliconas) o unidos a azúcares (glicósidos), de hecho existen alrededor de 50 agliconas y 17 glicósidos reportados hasta ahora, de las cuales cerca de 36 agliconas fueron aisladas de plantas del género *Citrus* y géneros relacionados²³.

Las agliconas son insolubles en agua y suelen ser responsables del sabor amargo de los zumos de cítricos, a diferencia de los glicósidos que no presentan sabor y son solubles en agua. De hecho, la presencia de agliconas de limonoides en concentraciones superiores a 6 ppm impiden el consumo de los jugos de cítricos, pues contenidos superiores a 4 ppm clasifican el jugo de cítricos de mala calidad, entre 4 y 2 ppm como aceptable y inferiores a 2 ppm como de buena calidad. Este hecho obliga a reducir su contenido en el jugo a través de mezclas, dilución u operaciones de remoción²⁴.

Además de su importancia económica en la transformación de los cítricos, los limonoides tienen un amplio rango de actividades biológicas, especialmente su potencial efecto antitumoral. Los limonoides inhiben la tumorigénesis químicamente inducida en boca, estómago, intestino delgado, colon, pulmón, y piel de animales de experimentación. Además inhiben la proliferación de cáncer de mama in vitro. Específicamente Obacunone y limonina (**figura 8**), los limonoides más conocidos de cítricos, inhiben la carcinogénesis de colon en ratas^{25, 26}.

Los limonoides son también activos como repelentes de insectos, además de inhibir su crecimiento y reproducción²³.

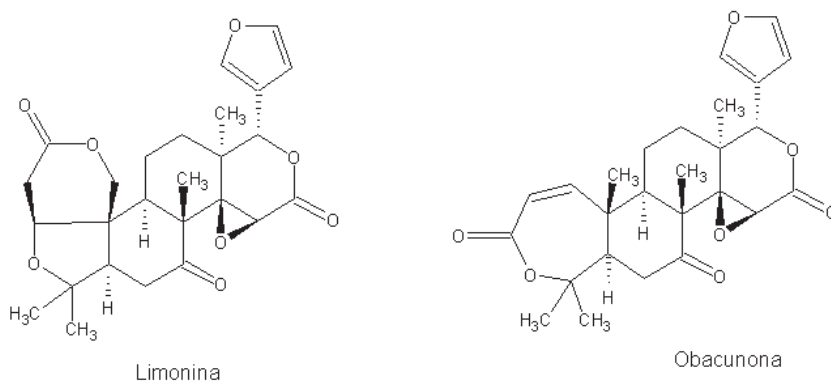


Figura 8. Estructuras químicas de las principales agliconas de limonoides presentes en cítricos.

Usos y aplicaciones de residuos de cítricos

Recuperación y aplicaciones de ingredientes bioactivos: Las frutas y vegetales contienen gran variedad de sustancias con actividad biológica, de las cuales las vitaminas (A, E y C), compuestos fenólicos, carotenoides, tocoferoles, ácidos orgánicos, fibra dietaria, entre otros, han sido ampliamente estudiados.

En la actualidad se acepta ampliamente que los efectos benéficos de las frutas en la prevención de enfermedades de alto impacto como aquellas de tipo cardiovascular y ciertos tipos de cáncer se deben a sus componentes bioactivos. Esto ha conducido a un aumento en la conciencia de los consumidores acerca de los problemas de salud relacionados con la dieta y ha llevado a buscar alternativas para incorporar en la ingesta diaria algunos componentes que puedan beneficiar la salud, lo cual ha promovido la aparición en el mercado de una amplia gama de productos entre los que se cuentan suplementos nutricionales, alimentos funcionales (nutracéuticos) o frutas con un mayor contenido de metabolitos activos; adicionalmente existe un recelo por parte de los consumidores frente a aditivos de origen sintético y por ende la demanda de colorantes, saborizantes y antioxidantes de origen natural ha aumentado considerablemente en los últimos años²⁷.

- **Aplicaciones como aditivos en alimentos:** Son múltiples las aplicaciones de residuos de cítricos como aditivos en alimentos^{27, 28}. Una de ellas consiste en

someter los residuos cítricos, como las melasas, cáscaras, concentrados de jugo y pulpa a fermentación, tratamiento pectolítico y extracción con alcohol para obtener un agente enturbiantes para bebidas²⁹. Por otro lado, son múltiples las aplicaciones de residuos de cítricos en la industria cárnica³⁰. De hecho, se ha estudiado el efecto de la adición de diferentes concentraciones (5-10%) de las aguas residuales de jugo de naranja y aceites esenciales de orégano o tomillo (0,02%), sobre las características químicas, físico-químicas y sensoriales de una mortadela, lo cual tiene un efecto significativo en la extensión de la vida útil debido a una reducción del grado de oxidación de los lípidos³¹.

- **Cáscara de cítricos como matriz alimentaria:** La ingeniería de matrices utiliza la técnica de impregnación al vacío como mecanismo de incorporación de disoluciones suspensiones o emulsiones que contienen componentes fisiológicamente activos sobre estructuras alimentarias porosas, como es el caso de la corteza de los cítricos³². Este mecanismo representa una alternativa muy efectiva en el desarrollo de nuevos ingredientes y alimentos funcionales de humedad alta, intermedia y baja en estructuras porosas y con excelentes cualidades organolépticas, microbiológicas y nutricionales, que permiten satisfacer las necesidades del consumidor actual que cada vez más está buscando en el mercado alimentos que le proporcionen beneficios a la salud que van más allá de los nutrientes tradicionales que éste contiene. Además es importante resaltar que este tipo de desarrollos no se encuentran en el mercado.
- **Aplicaciones farmacéuticas:** El interés farmacéutico de los compuestos presentes en los residuos de cítricos se basa en el uso de estos materiales en medicina tradicional³³ y la descripción reciente de sus propiedades farmacológicas^{34, 35}.

Las aplicaciones terapéuticas de los flavonoides obtenidos de cáscara de cítricos son ya conocidas y utilizadas a nivel clínico. La mezcla micronizada de flavonoides Daflón®, que contiene 90 % de diosmina y 10 % de hesperidina es utilizada como un potente medicamento flebotónico para el tratamiento de la insuficiencia venosa crónica³⁶. Además, son numerosos los productos fitoterapéuticos y alimentos funcionales comercializados a nivel mundial que contienen, totalmente o como parte de sus principios activos, una fracción flavonoide, comúnmente llamada bioflavonoides e incluso denominada genéricamente como vitamina P.

Es tan promisorio la obtención de compuestos con alto valor a partir de residuos de cítricos, que en el estado de la Florida (USA), una región produc-

tora de cítricos, ha surgido el Laboratorio de Investigación en Cítricos y Productos Subtropicales (Citrus and Subtropical Products Research Laboratory, por su nombre en inglés) precisamente con el interés de recuperar, a partir de residuos de cítricos, productos importantes para uso en la salud humana y en alimentos. Ellos han estimado que el aprovechamiento de los residuos generados por la industria procesadora de cítricos en los Estados Unidos de América, podría suministrar más de 10.000 toneladas de hesperidina por año, muy por debajo de la demanda mundial para esta materia prima³⁷.

Por otro lado, los suplementos dietéticos obtenidos de la cáscara de naranja, también conocida como naranja amarga, verde, naranja agria, zhi shi; son cada vez más populares como ingrediente en productos para perder peso³⁸.

Las cáscaras de cítricos contienen aminos adrenérgicos, principalmente sinefrina, tiramina y octopamine. La sinefrina se conoce como un “componente activo” de plantas y suplementos alimenticios utilizados en la pérdida de peso. Se convirtió en uno de los estimulantes más populares presentes en los productos para bajar de peso después de que la Alimentación de Medicamentos y Alimentos (FDA) de EE.UU había prohibido el uso de suplementos dietéticos que contienen efedrina³⁹.

Producción de alimentos para animales: El aumento de los costos de disposición de residuos ha aumentado el interés en la utilización de los subproductos cítricos como alimentos alternativos para animales, especialmente pulpa de cítricos frescos, ensilado de cítricos, pulpa seca, harina de cáscaras de cítricos y melazas de cítricos, los cuales se pueden utilizar como una fuente de alta energía en raciones de animales durante ceba y lactancia, con menos efectos negativos sobre la fermentación ruminal que los alimentos ricos en almidón. Sin embargo, con niveles muy altos de algunos residuos cítricos puede ocurrir paraqueratosis ruminal, sobre todo cuando el nivel de forraje en la dieta es baja^{40, 41}.

Las aplicaciones son múltiples e incluyen la suplementación con 20% de pulpa seca de cítricos sobre la producción, composición de la leche, consumo de materia seca, condición corporal, metabolitos y electrolitos sanguíneos de vacas lecheras, encontrando una mayor producción de leche, con mayor contenido graso y un aumento en el colesterol sérico⁴².

Adicionalmente, se ha investigado sobre las posibilidades y limitaciones del reemplazo parcial de granos de cereales con pulpa de citrus seca en las dietas de corderos de engorde, evaluando sus efectos sobre el crecimiento

del animal y la calidad de la carne, encontrando que la sustitución de cereales con la pulpa de cítricos puede ser económicamente beneficiosa en las dietas de los corderos de engorde, cuando la sustitución en la mezcla de concentrado se encuentra en un porcentaje equivalente al 30%. En cambio, cuando la pulpa de cítricos se usa a niveles de 45%, lleva a una disminución en la eficiencia de conversión alimenticia, peso en canal, rendimiento y densidad de la canal⁴³.

Por otro lado, la pulpa de cítricos ensilada se ha evaluado como una alternativa de alimento en dietas para cerdos en crecimiento, en términos de rendimiento del crecimiento, flora intestinal y calidad de la carne, encontrando que los cerdos pueden adaptar su aparato digestivo a la pulpa de cítricos como fuente de carbohidratos de alta fermentación, sin efectos perjudiciales sobre el crecimiento económico y la calidad de la carne, además de los beneficios potenciales sobre la microbiología intestinal⁴⁴.

En otros trabajos, se ha evaluado en cabras el efecto de la suplementación con diferentes niveles de cáscaras de cítricos sobre la digestibilidad y el consumo de paja de cebada tratada con urea e hidróxido de sodio. Mostrando que una suplementación con subproductos cítricos de 100 g/día mejora la digestibilidad y el consumo de la paja de cebada. Sin embargo, los niveles más altos de complemento disminuyen la utilización digestiva de la dieta⁴⁵.

En otros pequeños rumiantes, como ovejas, se ha estudiado la inclusión de frutos de cítricos enteros sobre la evolución de los parámetros ruminales in vivo (pH, ácidos grasos volátiles (AGV) y Nitrógeno amoniacal), intentando reemplazar el grano de trigo y comparando con pulpa cítrica en el mismo nivel de inclusión. Los resultados muestran que los carbohidratos de cítricos son altamente degradables y se podría utilizar como una alternativa al almidón de cereales para cubrir las necesidades energéticas de las ovejas, y no parece suponer un riesgo, ya que incluso, se mantuvo un pH ruminal más alto durante todo el día^{46 47}.

Aplicaciones de la pectina cítrica: La fibra dietética abarca una gran variedad de macromoléculas, mostrando una amplia gama de propiedades físico-químicas. En los cítricos, los componentes químicos de la fibra son: pectina, lignina, celulosa y hemicelulosa. De hecho, la pectina cítrica tiene mejor calidad que otras fuentes de fibra dietética debido a la presencia de compuestos bioactivos asociados (flavonoides y vitamina C) con propiedades antioxidantes, que pueden ejercer efectos biológicos benéficos².

Las aplicaciones de la pectina cítrica son múltiples y comprenden desde el uso en alimentos como estabilizante de emulsiones⁴⁸ y fuente de fibra dietaria⁴⁹⁻⁵², así como usos más recientes en química ambiental para la remoción de contaminantes como metales pesados⁵³⁻⁵⁷, azul de metileno⁵⁸ y colorantes⁵⁹.

Biocombustibles: Los residuos de cítricos contienen carbohidratos solubles e insolubles, siendo una materia prima ideal para la conversión biológica a biocombustibles como el etanol y el biogás. Sin embargo, además de los carbohidratos, los residuos de cítricos contienen aceites esenciales, cuyo componente principal es D-limoneno, que es extremadamente tóxico para la actividad biológica y debe ser eliminado antes de la fermentación o procesos de digestión anaerobia⁶⁰. Varios estudios se han reportado para la obtención de biocombustibles a partir de residuos de cítricos⁶¹⁻⁶³. El proceso propuesto para la obtención de biocombustibles a partir de residuos de cítricos consiste en la mezcla de los residuos con ácido sulfúrico diluido y luego una exposición a vapor para hidrolizar los polisacáridos y evaporar el limoneno. La mezcla resultante se centrifuga, donde la parte líquida es fermentada en etanol y se destila. La vinaza de la destilación y los sólidos de la centrifuga se mezclan y se digiere en biogás (metano). El biogás puede ser utilizado en parte para producir vapor necesario para el proceso⁶⁴.

Conclusiones

- Las aplicaciones de los residuos de cítricos trascienden el ámbito agroalimentario y van desde las aplicaciones convencionales en alimentos, farmacia y agricultura, hasta usos ambientales y en energía. De allí la importancia, cada vez mayor, de generar procesos ambientalmente amigables que permitan aplicaciones comercialmente útiles.
- La obtención de sustancias de interés comercial a partir de residuos de cítricos implica, no solo el desarrollo de una metodología de extracción limpia y con alto rendimiento, sino también el desarrollo de procedimientos analíticos que permitan la valoración de las sustancias obtenidas.
- Los volúmenes de residuos generados en las etapas de producción de cítricos, justifican su aprovechamiento. Sin embargo, es necesario implementar procesos que sean económicamente viables y técnicamente factibles a escala industrial para responder a las operaciones de almacenamiento, transporte y transformación.

Referencias bibliográficas

1. BRADDOCK, R. J. By-products of citrus fruits. En: Food Technology. Vol. 49, No. (1995); p. 74-77.
2. MARÍN, F. R.; et al. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. En: Food Chemistry. Vol. 100, No. 2 (2007); p. 736-741.
3. COLL, M. D.; et al. Recovery of flavanones from wastes of industrially processed lemons. En: Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A. Vol. 206, No. 6 (1998); p. 404-407.
4. SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C. and CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds - recent developments. En: Trends in Food Science and Technology. Vol. 12, No. 11 (2001); p. 401-413.
5. SALA, J. M.; LAFUENTE, T. and CUÑAT, P. Content and chemical composition of epicuticular wax of 'Navelina' Oranges and 'Satsuma' Mandarins as Related to Rindstaining of Fruit. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 59, No. 4 (1992); p. 489-495.
6. AGÓCS, A.; et al. Comparative study on the carotenoid composition of the peel and the pulp of different citrus species. En: Innovative Food Science & Emerging Technologies. Vol. 8, No. 3 (2007); p. 390-394.
7. WINKEL-SHIRLEY, B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. En: Current opinion in plant biology. Vol. 5, No. 3 (2002); p.218-223.
8. TOMÁS-BARBERÁN, F. and MICHAEL, N. C. Flavanones, chalcones and dihydrochalcones - nature, occurrence and dietary burden. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 80, No. 7 (2000); p. 1073-1080.
9. ROUSEFF, R. L.; MARTIN, S. F. and YOUTSEY, C. O. Quantitative survey of narirutin, naringin, hesperidin, and neohesperidin in citrus. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 35, No. 6 (2002); p. 1027-1030.
10. ROBARDS, K. and ANTOLOVICH, M. Analytical Chemistry of Fruit Bioflavonoids: A Review. En: Analyst. Vol. 122, No. (1997); p. 11-34.
11. TIWARI, A. Imbalance in antioxidant defence human diseases: Multiple approach of natural antioxidant therapy. En: Current Science. Vol. 81, No. 9 (2001); p. 1179-1187.
12. KERTESZ, Z. I. The Pectic Substances. NY: Interscience Publishers, Inc., 1951.
13. YEOH, S.; SHI, J. and LANGRISH, TAG. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. En: Desalination. Vol. 218, No. 1-3 (2008); p. 229-237.

14. LIU, Y.; SHI, J. and LANGRISH, TAG. Water-based extraction of pectin from flavedo and albedo of orange peels. En: *Chemical Engineering Journal*. Vol. 120, No. 3 (2006); p. 203-209.
15. YAPO, B. M. Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process. En: *Food Research International*. Vol. 42, No. 8 (2009); p. 1197-1202.
16. MORESI, M. and SEBASTIANI, I. Pectin recovery from model solutions using a laboratory-scale ceramic tubular UF membrane module. En: *Journal of Membrane Science*. Vol. 322, No. 2 (2008); p. 349-359.
17. KRATCHANOVA, M.; PAVLOVA, E. and PANCHEV, I. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. En: *Carbohydrate Polymers*. Vol. 56, No. 2 (2004); p. 181-185.
18. TANAKA M.; et al. Extraction of dietary fiber from Citrus junos peel with subcritical water. En: *Food and Bioproducts Processing*. Vol. In Press, Corrected Proof, No. (2011).
19. SHAHIDI, F. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 6th Ed. John Wiley & Sons, 2005. Volumes 1-6.
20. HERNÁNDEZ-MONTOYA, V.; MONTES-MORÁN, M. A. and ELIZALDE-GONZÁLEZ MP. Study of the thermal degradation of citrus seeds. En: *Biomass and Bioenergy*. Vol. 33, No. 9 (2009); p. 1295-1299.
21. DANDEKAR, D. V.; JAYAPRAKASHA, G. K. and PATIL, B. S. Hydrotropic extraction of bioactive limonin from sour orange (*Citrus aurantium L.*) seeds. En: *Food Chemistry*. Vol. 109, No. 3 (2008); p. 515-520.
22. SAIDANI, M.; DHIFI, W. and MARZOUK, B. Lipid evaluation of some Tunisian citrus seeds. En: *Journal of Food Lipids*. Vol. 11, No. 3 (2004); p. 242-250.
23. MANNERS, G. D. Citrus Limonoids: Analysis, Bioactivity, and Biomedical Prospects. En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 55, No. 21 (2007); p. 8285-8294.
24. MANNERS, G. D.; et al. Analysis of Bitter Limonoids in Citrus Juices by Atmospheric Pressure Chemical Ionization and Electrospray Ionization Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 51, No. 13 (2003); p. 3709-3714.
25. CHAMPAGNE, D. E.; et al. Biological activity of limonoids from the rutales. En: *Phytochemistry*. Vol. 31, No. 2 (1992); p. 377-394.
26. CHIDAMBAR, A.; et al. Obacunone and obacunone glucoside inhibit human colon cancer (SW480) cells by the induction of apoptosis. En: *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 49, No. 7 (2011); p. 1616-1625.

27. ZIA, U. R. Citrus peel extract - A natural source of antioxidant. En: *Food Chemistry*. Vol. 99, No. 3 (2006); p. 450-454.
28. KANG, H. J.; et al. Studies on the development of functional powder from citrus peel. En: *Bioresource Technology*. Vol. 97, No. 4 (2006); p. 614-620.
29. SREENATH, H. K.; CRANDALL, P. G. and BAKER, R. A. Utilization of citrus by-products and wastes as beverage clouding agents. En: *Journal of Fermentation and Bioengineering*. Vol. 80, No. 2 (1995); p. 190-194.
30. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; et al. Application of functional citrus by-products to meat products. En: *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 15, No. 3-4 (2004); p. 176-185.
31. VIUDA-MARTOS, M.; et al. Effect of adding citrus waste water, thyme and oregano essential oil on the chemical, physical and sensory characteristics of a bologna sausage. En: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Vol. 10, No. 4 (2009); p. 655-660.
32. CHÁFER, M.; et al. Microstructure and vacuum impregnation response of citrus peels. En: *Food Research International*. Vol. 36, No. 1 (2003); p. 35-41.
33. ARIAS, B. A. and RAMÓN-LACA, L. Pharmacological properties of citrus and their ancient and medieval uses in the Mediterranean region. En: *Journal of Ethnopharmacology*. Vol. 97, No. 1 (2005); p. 89-95.
34. GONZÁLEZ-MOLINA, E.; et al. Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. En: *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. Vol. 51, No. 2 (2010); p. 327-345.
35. BENAVENTE-GARCÍA, O. and CASTILLO, J. Update on uses and properties of citrus flavonoids: new findings in anticancer, cardiovascular, and anti-inflammatory activity. En: *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol. 56, No. 15 (2008); p. 6185-6205.
36. LYSENG-WILLIAMSON, K. A. and PERRY, C. M. Micronised purified flavonoid fraction: a review of its use in chronic venous insufficiency, venous ulcers and haemorrhoids. En: *Drugs*. Vol. 63, No. 1 (2003); p. 71-100.
37. GROHMANN, K.; MANTHEY, J. A. and CAMERON, R. G. Acid-catalyzed hydrolysis of hesperidin at elevated temperatures. En: *Carbohydrate Research*. Vol. 328, No. 2 (2000); p. 141-146.
38. ROSSATO, L. G.; et al. Synephrine: From trace concentrations to massive consumption in weight-loss. En: *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 49, No. 1 (2011); p. 8-16.
39. GRAY, S. and WOOLF, A. D. Citrus aurantium used for weight loss by an adolescent with anorexia nervosa. En: *Journal of Adolescent Health*. Vol. 37, No. 5 (2005); p. 414-415.

40. BAMPIDIS, V. A. and ROBINSON, P. H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. En: *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 128, No. 3-4 (2006); p. 175-217.
41. TRIPODO, M. M.; et al. Citrus waste recovery: a new environmentally friendly procedure to obtain animal feed. En: *Bioresource Technology*. Vol. 91, No. 2 (2004); p. 111-115.
42. BELIBASAKIS, N. G. and TSIRGOGIANNI, D. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. En: *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 60, No. 1-2 (1996); p. 87-92.
43. CAPARRA, P.; et al. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. En: *Small Ruminant Research*. Vol. 68, No. 3 (2007); p. 303-311.
44. CERISUELO, A.; et al. The inclusion of ensiled citrus pulp in diets for growing pigs: Effects on voluntary intake, growth performance, gut microbiology and meat quality. En: *Livestock Science*. Vol. 134, No. 1-3 (2010); p. 180-182.
45. MADRID, J.; et al. Effects of citrus by-product supplementation on the intake and digestibility of urea+sodium hydroxide-treated barley straw in goats. En: *Small Ruminant Research*. Vol. 28, No. 3 (1998); p. 241-248.
46. PIQUER, O.; et al. Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal parameters. En: *Small Ruminant Research*. Vol. 83, No. 1-3 (2009); p. 14-21.
47. VOLANIS, M.; et al. Utilization of an ensiled citrus pulp mixture in the feeding of lactating dairy ewes. En: *Small Ruminant Research*. Vol. 64, No. 1-2 (2006); p. 190-195.
48. LEROUX, J.; et al. Emulsion stabilizing properties of pectin. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 17, No. 4 (2003); p. 455-462.
49. FIGUEROLA, F.; et al. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. En: *Food Chemistry*. Vol. 91, No. 3 (2005); p. 395-401.
50. GARAU, M. C.; et al. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. En: *Food Chemistry*. Vol. 104, No. 3 (2007); p. 1014-1024.
51. LARIO, Y.; SENDRA, E. and GARCÍA-PÉREZ, J. et al. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. En: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Vol. 5, No. 1 (2004); p. 113-117.
52. MESBAHI, G.; JAMALIAN, J. and FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 19, No. 4 (2005); p. 731-738.

53. SCHIEWER, S. and BALARIA, A. Biosorption of Pb²⁺ by original and protonated citrus peels: Equilibrium, kinetics, and mechanism. En: *Chemical Engineering Journal*. Vol. 146, No. 2 (2009); p. 211-219.
54. SCHIEWER, S. and IQBAL, M. The role of pectin in Cd binding by orange peel biosorbents: A comparison of peels, depectinated peels and pectic acid. En: *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 177, No. 1-3 (2010); p. 899-907.
55. SCHIEWER, S. and PATIL, S. B. Pectin-rich fruit wastes as biosorbents for heavy metal removal: Equilibrium and kinetics. En: *Bioresource Technology*. Vol. 99, No. 6 (2008); p. 1896-1903.
56. WAI, W. W.; ALKARKHI, A. F. and EASA, A. M. Comparing biosorbent ability of modified citrus and durian rind pectin. En: *Carbohydrate Polymers*. Vol. 79, No. 3 (2010); p. 584-589.
57. BALARIA, A. and SCHIEWER, S. Assessment of biosorption mechanism for Pb binding by citrus pectin. En: *Separation and Purification Technology*. Vol. 63, No. 3 (2008); p. 577-581.
58. DUTTA, S.; et al. Application of Response Surface Methodology for preparation of low-cost adsorbent from citrus fruit peel and for removal of Methylene Blue. En: *Desalination*. Vol. 275, No. 1-3 (2011); p. 26-36.
59. HAMEED, B. H.; MAHMOUD, D. K. and AHMAD, A. L. Sorption of basic dye from aqueous solution by pomelo (*Citrus grandis*) peel in a batch system. En: *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Vol. 316, No. 1-3 (2008); p. 78-84.
60. WILKINS, M. R. Effect of orange peel oil on ethanol production by *Zymomonas mobilis*. En: *Biomass and Bioenergy*. Vol. 33, No. 3 (2009); p. 538-541.
61. OBEROI, H. S; et al. Enhanced ethanol production from Kinnow mandarin (*Citrus reticulata*) waste via a statistically optimized simultaneous saccharification and fermentation process. En: *Bioresource Technology*. Vol. 102, No. 2 (2011); p. 1593-1601.
62. POURBAFRANI, M.; et al. Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. En: *Bioresource Technology*. Vol. 101, No. 11 (2010); p. 4246-4250.
63. WILKINS, M. R.; WIDMER, W. W. and GROHMANN, K. Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. En: *Process Biochemistry*. Vol. 42, No. 12 (2007); p. 1614-1619.
64. LOHRASBI, M.; et al. Process design and economic analysis of a citrus waste biorefinery with biofuels and limonene as products. En: *Bioresource Technology*. Vol. 101, No. 19 (2010); p. 7382-7388.

Cítricos: Cultivo, Poscosecha e Industrialización

Serie Lasallista Investigación y Ciencia

Se terminó de imprimir en la
Editorial Artes y Letras S.A.S., en abril de 2012.

