

**METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE FACTORES  
DE CALIDAD EN FRUTAS TROPICALES Y SUBTROPICALES,  
IMPLEMENTADAS POR EL LABORATORIO DE  
POSTCOSECHA DE LA UNIVERSIDAD  
DE CALIFORNIA EN DAVIS,  
ESTADOS UNIDOS.**

**LAURA VILLALOBOS ACUÑA**

Práctica de especialidad presentada a la Escuela de  
Agronomía para obtener el grado de Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2009**

**METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE FACTORES  
DE CALIDAD EN FRUTAS TROPICALES Y SUBTROPICALES,  
IMPLEMENTADAS POR EL LABORATORIO DE  
POSTCOSECHA DE LA UNIVERSIDAD  
DE CALIFORNIA EN DAVIS,  
ESTADOS UNIDOS.**

**LAURA VILLALOBOS ACUÑA**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.

\_\_\_\_\_  
Asesora

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_  
Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Director  
Escuela de Agronomía

**2009**

## DEDICATORIA

### *A mi señor Jesucristo y a la Virgen de los Ángeles*

Ellos en primer lugar, pues ambos me dieron la oportunidad de disfrutar este mundo y permitir que este sueño compartido se hiciera realidad. Dándome la energía suficiente para lograr que cada puerta que tenía que abrirse, para lograr este sueño, lo hiciera.

### *A mi ángel guardián y ejemplo de vida*

Agradezco enormemente a mi hermano y maestro Max, mi ángel guardián en todo este sueño, siendo mi motivador personal en la lucha para alcanzar esta ilusión, y que a su lado aprendí conocimientos tan importantes y esenciales para mi vida profesional.

### *A mis maestros y dadores de vida*

A mis padres, esos dos seres tan especiales que desde que tengo uso de razón han estado ahí, inculcándome los mejores hábitos y consejos para lograr mis metas y objetivos. Y que gracias a su intenso trabajo y esfuerzo, mis hermanos (as) y yo hemos obtenidos una educación superior. Igualmente gracias a sus genes y amor por la agricultura, han hecho de que esta rama de la ciencia tan amplia, sea mi dedicación profesional.

### *A mis primeros amigos*

Y claro.... no puedo evitar mencionar a mis primeros amigos (as) de infancia y de toda la vida, a mis demás hermanos (as); Tavo, la Flaca, la Negrus y mi morenazo...José Paulo.

### *A mis colegas de estudio*

Indiscutiblemente decir un gracias a todos “los loquillos (as)” del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos quienes siempre estuvieron pendientes en los resultados obtenidos en la planeación y coordinación de esta investigación. Motivándome a que cada paso ejecutado para conseguir esta meta, se efectuara exitosamente.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer enormemente la oportunidad que me ofreció la Dra. Elizabeth Mitcham y su equipo de trabajo para ejecutar esta pasantía universitaria en el Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos.

Agradezco a mis compañeros de trabajo e investigadores: Max Villalobos, Bill Biasi, Malkeet Padda, Sergio Tonneto de Freitas, Frank Mecozzi, Inmaculada Prada, Warangkana Makkumrai, Sylvia Flores, Veronique Bikoba y Cassandro Amarante, por todos los conocimientos que me transmitieron y que me han permitido tener otra visión acerca de esta rama tan importante de las ciencias naturales.

Igualmente deseo hacer un merito especial a una de las instituciones gubernamentales de Costa Rica, que creen en la importancia que implica para el país tener profesionales capacitados en esta ciencia, gracias al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Costa Rica (MICIT) y el Consejo Nacional para las Investigaciones Científicas y Tecnologías de Costa Rica (CONICIT), entidades que mediante su ayuda financiera en conjunto con mi familia, permitieron el cumplimiento de este anhelo.

A todos los docentes del Instituto Tecnológico de Costa Rica, que mediante la extensión de sus conocimientos, han permitido mi formación profesional. En ciertas ocasiones dudé de que si el TEC, había sido la mejor decisión, pero el haber estado allá y confrontar mis conocimientos con el ambiente laboral, me ha permitido confirmar que si valió la pena.

Agradezco a mis asesores Ing. Max Villalobos, Ing. Zulay Castro y los miembros del jurado Ing. Joaquín Durán e Ing. Sergio Torres, por las reiteradas revisiones en la formulación del anteproyecto y culminación de este documento.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Importancia de la utilización de técnicas de manejo postcosecha. ....	4
2.1.1 Fisiología y tecnología postcosecha. ....	6
2.2 Manejo postcosecha en el sector frutícola. ....	6
2.2.1 Actividades involucradas en la maduración de las frutas. ....	6
2.2.1.1 Cambios fisiológicos.....	7
2.2.1.2 Cambios bioquímicos.....	9
2.2.1.3 Cambios estructurales a nivel celular. ....	11
2.2.2 Parámetros de madurez de los frutos. ....	11
2.2.2.1 Técnicas cualitativas. ....	12
2.2.2.2 Técnicas cuantitativas. ....	13
2.2.3 Factores que afectan la vida postcosecha de las frutas. ....	18
2.2.3.1 Factores internos. ....	18
2.2.3.2 Factores externos. ....	19
2.3 Cosecha y manejo postcosecha de frutas tropicales y subtropicales. ....	29
2.3.1 Granada ( <i>Punica granatum</i> ). ....	29
2.3.2 Mango ( <i>Mangifera indica</i> ). ....	34
2.3.3 Manzana ( <i>Malus</i> sp.). ....	42
2.3.4 Melocotón ( <i>Prunus persicae</i> ). ....	54
2.3.5 Pera ( <i>Pyrus communis</i> y <i>Pyrus pyrifolia</i> ). ....	59
3. METODOLOGÍA .....	69
3.1 Localización de la práctica de especialidad. ....	69

3.2 Descripción general de la Universidad. ....	69
3.3 Periodo de ejecución del la práctica de especialidad. ....	70
3.4 Metodología de trabajo durante la práctica de especialidad en el Laboratorio de Postcosecha de U.C.Davis. ....	70
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	74
4.1 Manejo de la cosecha: actividades de campo. ....	76
4.1.1 Cosecha de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful.....	76
4.1.2 Cosecha de manzana ( <i>Malus</i> sp.), variedades Granny Smith y Fuji. ....	77
4.1.3 Cosecha de pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Barlett. ....	78
4.2 Manejo postcosecha: actividades de laboratorio. ....	79
4.2.1 Parámetros de calidad en frutas tropicales y subtropicales. ....	79
4.2.1.1 Parámetros cuantitativos. ....	79
A. Etileno. ....	80
B. Dióxido de carbono. ....	85
C. Peso y tamaño. ....	87
D. Color. ....	88
E. Firmeza. ....	92
F. Sólidos solubles totales (SST). ....	96
G. Acidez titulable. ....	99
H. Fenoles. ....	101
4.2.1.2 Parámetros cualitativos. ....	105
A. Color. ....	106
B. Defectos o daños externos.....	108
C. Defectos o daños internos .....	113
4.2.2 Control de plagas cuarentenarias a nivel postcosecha. ....	118
5. CONCLUSIONES .....	122
6. RECOMENDACIÓN .....	124
7. BIBLIOGRAFÍA.....	125

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Porcentaje promedio de pérdidas postcosecha de seis frutas tropicales de Costa Rica, para productor, transportista y mayoristas. (Según estudio realizado por Arauz y Mora (1983), en el Mercado Borbón y Mercado el Mayoreo, San José, Costa Rica).....	05
2	Ritmo de respiración de diferentes frutales tropicales.....	08
3	Clasificación de los frutos de acuerdo a su comportamiento respiratorio.....	08
4	Porcentaje de sólidos solubles totales, apropiados para la cosecha de diferentes cultivos frutales.....	15
5	Tasa de producción de etileno en algunos frutales.....	17
6	Condiciones óptimas para el almacenamiento de especies frutales.....	20
7	Condiciones óptimas para el almacenamiento de especies frutales sometidas a condiciones de atmósferas controladas durante el transporte o el almacenamiento.....	24
8	Parámetros utilizados en el índice de corta de la granada ( <i>Punica granatum</i> ).....	30
9	Parámetros cuantitativos para determinar el momento de cosecha del mango ( <i>Mangifera indica</i> ).....	35
10	Clasificación por tamaño de frutas de mango ( <i>Mangifera indica</i> ) para la exportación a países europeos.....	37
11	Atmósferas controladas ideales para diferentes cultivares de manzana ( <i>Malus</i> sp.) almacenadas a temperaturas de 0 °C – 1 °C y 90-95% de humedad relativa.....	45
12	Atmósferas controladas ideales para diferentes cultivares de pera almacenadas a temperaturas de 0 °C -1 °C y 90-95% de humedad relativa.....	64

13	Temáticas de investigación, desarrolladas en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, dentro del período agosto 2008-enero 2009.....	72
14	Parámetros cuantitativos para evaluar calidad en frutas subtropicales y tropicales en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, dentro del período agosto 2008 - enero 2009.....	80
15	Concentraciones de los estándares a utilizar en la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	102
16	Volumen a aplicar por cada reactivo, en la preparación de las muestras para la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	104
17	Parámetros cualitativos de calidad efectuados en frutas subtropicales y tropicales en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, dentro del período agosto 2008-enero 2009.....	106
18	Escala de colores implementada en evaluación de color externo en granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	106
19	Escala de colores utilizada en evaluación de color interno en mango ( <i>Mangifera indica</i> ), variedad Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	107
20	Escala de colores utilizada en evaluación de color externo e interno en melocotón ( <i>Prunus persicae</i> ) variedad Traa Zee. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	107
21	Escala de colores utilizada en la evaluación de color externo en pera ( <i>Pyrus communis</i> ) variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	107
22	Defectos externos evaluados en granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	108
23	Desórdenes fisiológicos y patológicos evaluados en mango ( <i>Mangifera indica</i> ), variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	109

24	Defectos externos evaluados en peras ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	112
25	Parámetros internos evaluados en granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	114
26	Defectos internos evaluados en melocotón ( <i>Prunus persicae</i> ), variedad Traa Zee. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.....	116

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Representación esquemática de una célula vegetal adulta. (Según Balla 2004).....	11
2	Ruta metabólica de la síntesis de etileno. (Según Reid 2002, Salisbury y Ross 2002).....	26
3	Efecto de la aplicación de 1-MCP en el manejo postcosecha de las frutas. (Según Villalobos y Mitcham 2008).....	27
4	Desórdenes fisiológicos y enfermedades que inciden en la granada ( <i>Punica granatum</i> ) durante el manejo postcosecha del mismo. A. Daño por frío. B. Quema de sol. C. Agrietamientos en el fruto. D. <i>Alternaria alternata</i> . E. Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ). (Según Crisosto <i>et al.</i> 2009a y Villalobos L, 2009).....	33
5	Técnica del deslechado en el cultivo de mango ( <i>Mangifera indica</i> ). (Según Avilán <i>et al.</i> 2005).....	35
6	Banda de selección de la fruta de mango ( <i>Mangifera indica</i> ).....	36
7	Síntomas ocasionados en el fruto debido a la incidencia de desórdenes fisiológicos y patológicos durante el manejo postcosecha de mango ( <i>Mangifera indica</i> ). A. Quema de látex. B. Daño por frío. C. Daño por calor. D. Antracnosis. E. Pudrición del pedúnculo por Diplodia. (Según Kader 2002b y Villalobos, L 2009)...	41
8	Desórdenes fisiológicos en manzana ( <i>Malus sp.</i> ). A. Escaldadura de almacenamiento en Granny Smith. B. Escaldadura de senescencia en Golden Delicious. C. Daño externo del picado amargo en Granny Smith. D. Daño interno del picado amargo en manzana variedad Granny Smith. E. Pardeamiento interno en manzana Fuji almacenada durante 4 meses a 33 °F a diferentes atmósferas controladas. (Según Mitcham <i>et al.</i> 2002 y Jones <i>et al.</i> 2007).....	48

9	Desórdenes fisiológicos en manzana ( <i>Malus</i> sp.). A-B. Corazón acuoso en manzana Granny Smith. C. Quemadura de sol en Golden Delicious. D. Quemadura de sol en manzana Gala. E- F. Quemaduras por cloro (hipoclorito de sodio) en manzana Fuji. G- H. Desequilibrios de humedad relativa durante el almacenamiento en manzana Gala y Golden Delicious. (Según Mitcham <i>et al.</i> 2002 y Jones <i>et al.</i> 2007).....	51
10	Enfermedades postcosecha en manzana ( <i>Malus</i> sp.). A-B. Lesiones ocasionadas por el moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) en manzana Granny Smith y Gala. C -D. Moho azul ( <i>Penicillium expansum</i> ) en manzana Granny Smith. E. Pudrición causada por <i>Mucor piriformis</i> en Golden Delicious. F-G. Pudrición por <i>Sphaeropsis pyriputrescens</i> en Golden Delicious. (Según Mitcham <i>et al.</i> 2002 y Jones <i>et al.</i> 2007).....	53
11	Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha en melocotón ( <i>Prunus persicae</i> ). A. Degradación interna ocasionada por daño por frío. B. Coloración negra (inking). C. Daño ocasionado por el hongo <i>Monilinia fructicola</i> . D. Pudrición causada por el moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ). E. Pudrición por <i>Rhizopus stolonifer</i> . (Según Crisosto <i>et al.</i> 2009b).....	58
12	Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha en pera ( <i>Pyrus communis</i> ) variedades Bartlett y Anjou. A. Escaldadura de almacenamiento. B. Escaldadura de senescencia. C. Degradación acuosa en pera. D. Corazón acuoso. E-F. Moho gris. G-H. Moho azul. (Según Mitcham <i>et al.</i> 2008a, Mitcham <i>et al.</i> 2008b y Villalobos, L. 2009).....	67
13	Actividades ejecutadas en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, durante el periodo de estudio agosto del 2008 a enero del 2009. (Según Villalobos, L. 2009).....	71
14	Cosecha de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Finca Compañía POM, Valle San Joaquín California, EEUU, 2008. A. Técnica de cosecha. B. Cajas de empaque utilizadas en el transporte de la fruta. (Según Villalobos, L. 2009).....	77
15	Cosecha de manzana ( <i>Malus</i> sp.) variedades Fuji y Granny Smith en California, EEUU, 2008. A. Técnica de cosecha e instrumentos. B. Cajas de transporte de la fruta. (Según Villalobos, L. 2009).....	78

16	Cosecha de pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett. Finca “Scally Pear Packing” en Finleg California, EEUU, 2008. A. Técnica de cosecha e instrumentos implementados. B. Cajas de transporte utilizados a la planta de empaque. (Según Villalobos, L. 2009).....	79
17	Efecto de la aplicación de SmartFresh (1-MCP) en pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett a seis meses de almacenamiento a -1,1 °C más 5 días a 20 °C. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, M. 2009)...	81
18	Síntesis y percepción del etileno por las células vegetales. (Según Reid 2002, Calvo s.f).....	82
19	Preparación de las muestras para la cuantificación de etileno en pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).....	83
20	Procedimiento utilizado en la lectura de las muestras en el cromatógrafo analítico de gases Charle 211, para la cuantificación de concentraciones de etileno en pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).....	85
21	Metodología utilizada en la lectura de las muestras, para la cuantificación de concentraciones de CO <sub>2</sub> en pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).....	86
22	Procedimiento utilizado en la evaluación del peso y tamaño en granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos, 2008. A. Evaluación de la masa del fruto. B. Evaluación del tamaño. (Según Villalobos, L. 2009).....	87
23	Colorímetro Minolta CR-300 instalado y calibrado. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	90
24	Medición de color externo e interno en mango ( <i>Mangifera indica</i> ) utilizando el colorímetro Minolta CR-300. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. A. Evaluación de color externo. B. Evaluación de color interno. (Según Villalobos, L. 2009).....	91

25	Procedimiento utilizado para la cuantificación del color, en jugo de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	92
26	Penetrómetro Analyser GUSS GS-14. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	93
27	Procedimiento utilizado para la medición de firmeza, utilizando el penetrómetro Analyser GUSS GS-14. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	94
28	Instrumentos utilizados para la evaluación de firmeza en mango ( <i>Mangifera indica</i> ) variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. A. Durómetro Rex. B. AFS Acoustic Firmness Sensor Aweta. C. Penetrómetro Analyser GUSS GS-14. (Según Villalobos, L. 2009).....	95
29	Procedimiento utilizado para la medición de sólidos solubles totales en granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estado Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	98
30	Procedimiento utilizado para la medición de sólidos solubles totales en mango ( <i>Mangifera indica</i> ) variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estado Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	98
31	Procedimiento utilizado en la medición de sólidos solubles totales en melocotón ( <i>Prunus persica</i> ), variedad Traa Zee y manzana ( <i>Malus</i> sp.), variedades Granny Smith y Fuji. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	98
32	Procedimiento utilizado en la medición de sólidos solubles totales en naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ), variedad Navel. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).....	99

33	Procedimiento utilizado para la medición de acidez titulable en manzana ( <i>Malus</i> sp.), variedades Granny Smith y Fuji. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estado Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	101
34	Metodología implementada en la preparación de las muestras por tratamiento experimental, en la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha, Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	103
35	Procedimiento utilizado para la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	105
36	Defectos estudiados en granada ( <i>Punica granatum</i> ) variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. A. Deformación del fruto y arrugamiento. B. Lesión clara. C. Lesión oscura. (Según Villalobos, L. 2009).....	109
37	Desórdenes fisiológicos y patológicos evaluados en mango ( <i>Mangifera indica</i> ), variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. A. Daño de lenticelas. B. Arrugamiento. C. Colapso del pedúnculo. D. Antracnosis. E. Heridas y cortes. F. Quema por látex. (Según Villalobos, L. 2009).....	110
38	Desórdenes fisiológicos estudiados en manzana ( <i>Malus</i> sp.), variedades Granny Smith y Fuji. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. A. Escadadura de almacenamiento (scald). B. Picado amargo (bitter pit). (Según Villalobos, L. 2009).....	111
39	Defectos externos evaluados en pera ( <i>Pyrus</i> sp.), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. A. Escadadura de almacenamiento. B. Pudrición por microorganismos. C. Arrugamiento por pérdida de agua. (Según Villalobos, L. 2009).....	112

40	Parámetros internos estudiados en granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. A. Aril aplastado. B. Daño interno de la piel (IPD). (Según Villalobos, L. 2009).....	115
41	Síntoma del pardeamiento vascular en mango ( <i>Mangifera indica</i> ), variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	115
42	Síntoma de la degradación interna en melocotón ( <i>Prunus persicae</i> ), variedad Traa Zee. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	117
43	Síntomas característicos del desorden fisiológico degradación o pardeamiento interno en pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett. Almacenadas durante seis meses a -1 °C más cinco días a 20 °C. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, M. 2009).....	118
44	Actividades desempeñadas en el proyecto de investigación sobre el control de viuda negra en uva, variedad Thompson. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU. 2008. (Según Villalobos, L. 2009).....	120
45	Procedimiento utilizado en el estudio de la efectividad del producto Vapormate para el control de trips en naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ) variedad Navel. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).....	121

## RESUMEN

En el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis (U.C.Davis), Estados Unidos, se ejecutan diversas investigaciones a nivel de postgrado para determinar los factores que provocan el desarrollo de ciertos desórdenes fisiológicos en las frutas, durante las etapas de almacenamiento y maduración. También se estudia la respuesta de las frutas al ser sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento, golpes inducidos en las mismas, que asemejan la realidad a la que se ve expuesta durante la cosecha, transporte y manejo en las plantas de empaque. Así como, la aplicación de inhibidores de etileno, tales como el 1-MCP (1-metilciclopropeno) antes del almacenamiento, para inducir una mayor vida en anaquel y la evaluación de diferentes productos químicos para el control de plagas cuarentenarias.

Dado la importancia acerca de las diferentes temáticas de investigación desarrolladas por el Laboratorio de Postcosecha U.C.Davis, el objetivo principal de la investigación consistió en describir las metodologías (instrumentos y procedimientos) utilizados por este Centro de Investigación, para analizar parámetros de calidad en frutas tropicales y subtropicales.

Durante el período de estudio comprendido del 15 de agosto 2008 al 28 de enero del 2009 se midió parámetros cualitativos y cuantitativas en granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful, mango (*Mangifera indica*) variedades Tommy Atkins y Keitt, manzana (*Malus pumila*) variedades Fuji y Granny Smith, melocotón (*Pyrus persicae*) variedad Traa Zee, naranja (*Citrus sinensis*) variedad Navel y pera (*Pyrus communis*) variedad Bartlett. Los parámetros cuantitativos analizados fueron etileno, dióxido de carbono, forma y tamaño, color, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y fenoles. Mediante técnicas cualitativas se estudió el color, defectos externos e internos.

**Palabras clave:** frutas, calidad interna, calidad externa, tecnologías postcosecha, fisiología postcosecha, manejo postcosecha, granada, mango, manzana, melocotón, naranja, pera, técnicas no destructivas, técnicas destructivas, parámetros cuantitativos, parámetros cualitativos.

## ABSTRACT

Several graduate and undergraduate researches in the Postharvest Laboratory of the University of California, Davis (U.C.Davis), United States study fruit's physiology and the appearance of physiological disorders during periods of storage and ripening. Furthermore, this laboratory studies fruit's response to several handling conditions though inducing bruises in the fruit that might occur during harvest, transportation and packing. In addition, the application of ethylene action inhibitions, such as 1-MCP (1-methylcyclopropane) and the evaluation of various pesticides to decrease insects population in fruits is studied in this laboratory.

In view of the importance about different researches developed for the Postharvest Laboratory in U.C.Davis, the main goal of this study is describing all the involved methodology (instruments and procedures) used in this Investigation Center to evaluate quality in subtropical and tropical fruits.

This study was performed between August 15, 2008 through January 27, 2009. Measurement of qualitative and quantitative parameters in pomegranate (*Punica granatum*) variety Wonderful, apple (*Malus sp*) varieties Fuji y Granny Smith, mango (*Mangifera indica*) varieties Tommy Atkins y Keitt, peach (*Pyrus persicae*) variety Traa Zee, orange (*Citrus sinensis*) variety Navel and pear (*Pyrus communis*) variety Bartlett were performed. Quantitative parameters included ethylene, carbon dioxin, weight and size, color, firmness, total soluble solids, titulable acidity and phenolics. Qualitative analysis included color, and external and internal physiological disorders.

**Keywords:** fruits, internal quality, external quality, postharvest technologies, postharvest physiology, postharvest handling, apples, pears, pomegranates, mangoes, peaches, non-destructive technologies, destructive technologies, quantitative parameter, qualitative parameter.

# 1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica, basa su economía en la exportación de productos agrícolas, especialmente frutas; las cuales se han caracterizado por ser de gran demanda por los norteamericanos y europeos. No obstante, estos mercados internacionales exigen cada vez más calidad e inocuidad de los productos, los cuales puedan satisfacer las expectativas del consumidor final.

El incremento de las exportaciones en los diversos productos agrícolas, ha puesto mayor atención en los sistemas de postcosecha, promoviendo mejoras prácticas de manejo y gestión de éste sector.

A nivel mundial, se estiman pérdidas del 20% al 50% de las cosechas debido a inadecuados procedimientos en el manejo postcosecha; una vez que los frutos han sido recolectados en el campo (FAO 1993). En Costa Rica, existe una importante pérdida económica de las cosechas, debido a inapropiados o inexistentes tratamientos después de que el fruto ha sido recolectado en el campo.

Un manejo postcosecha apropiado a las frutas, incrementa el rendimiento de la cosecha al alargar la vida en anaquel, lo que maximiza la energía invertida durante el proceso de producción (siembra, mantenimiento de finca, insumos, cosecha, empaque, transporte al mercado). Por lo tanto, es necesario investigar acerca de las diferentes técnicas postcosecha en otros lugares, en donde el volumen y distancia al mercado, exigen un continuo cuidado de las condiciones postcosecha para garantizar la buena calidad e inocuidad de los productos.

La Universidad de California en Davis, Estados Unidos se ha caracterizado por un amplio programa de investigación en el manejo postcosecha. Este programa enfatiza en la creación de diversas tecnologías que ayudan a prolongar la vida útil de la fruta en el

anaquel o bien garantizar mediante la cuantificación de parámetros cualitativos y/o cuantitativos la madurez apropiada para la cosecha y la comercialización del producto.

Al ser los procedimientos de manejo postcosecha, la herramienta básica, que permite garantizar la conservación de las características físicas y bioquímicas del fruto a través de todo el proceso de comercialización, en el presente trabajo se han formulado los siguientes objetivos:

### **1.1 Objetivo general.**

Describir tecnologías postcosecha relacionadas con los procedimientos de análisis de calidad en frutas, desarrolladas por el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos.

### **1.2 Objetivos específicos.**

- 1) Participar activamente en las diferentes tareas de cosecha y postcosecha en las investigaciones desarrolladas por el Laboratorio de Postcosecha en las siguientes especies frutales: granada (*Punica granatum*), mango (*Mangifera indica*), manzana (*Malus* sp.), melocotón (*Prunus persicae*), naranja (*Citrus sinensis*), pera (*Pyrus communis*) y uva (*Vitis vinifera*).
- 2) Describir las metodologías empleadas por este laboratorio de investigación, para evaluar parámetros cuantitativos en el análisis de calidad postcosecha en frutas tropicales y subtropicales, tales como peso y tamaño, color, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y fenoles.
- 3) Detallar los procedimientos efectuados para cuantificar estados de madurez en frutas, tales como la tasa de producción de etileno y dióxido de carbono a nivel de laboratorio.

- 4) Describir las metodologías utilizadas por el Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos, para evaluar parámetros cualitativos en frutas, tales como color y defectos externos e internos.
  
- 5) Mencionar los principales desordenes fisiológicos y enfermedades que afectan la vida postcosecha de las siguientes especies frutales; granada (*Punica granatum*), mango (*Mangifera indica*), manzana (*Malus* sp.), melocotón (*Prunus persicae*), y pera (*Pyrus communis*).

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia de la utilización de técnicas de manejo postcosecha.

Actualmente en el mundo globalizado, existe una gran competencia por parte de los países oferentes de productos agrícolas en apoderarse de ciertos mercados internacionales. Ante ello, para ser competitivos se debe de garantizar la calidad del producto ofrecido y la inocuidad del mismo (Arauz y Mora 1983).

Debido a este reto, el cual respalda los gustos e intereses del consumidor, es necesario establecer diversas técnicas que ayuden a conservar, a través del tiempo, la inocuidad y calidad del producto una vez cosechado en el campo (FAO 1993).

Siendo Costa Rica, uno de los exportadores directos de frutas tropicales, respaldando lo mencionado con las estadísticas de exportaciones para el año 2007, en donde el banano (*Musa sp.*) generó ingresos de 660,4 millones de dólares, la piña fresca (*Ananas comosus*) alcanzó entradas por 484,5 millones de dólares y melón (*Cucumis melo*) 95,4 millones de dólares, a partir de las exportaciones realizadas a Estados Unidos y países europeos (Procomer 2008).

Reflejando lo anterior, el comportamiento agro exportador que tiene Costa Rica, el cual basa su solvencia económica, principalmente de los dividendos generados en dichas actividades agrícolas. No obstante, aún el inadecuado manejo postcosecha en las diferentes frutas de exportación, ocasionan la disminución de las ganancias obtenidas por la cosecha, por tanto es necesario investigar acerca de los diversos factores que producen la pérdida de calidad y vida útil del fruto (FAO 1993).

Según estudio realizado por Arauz y Mora (1983), quienes cuantifican las pérdidas postcosecha de seis frutales tropicales en Costa Rica, determinaron que el total de pérdidas

postcosecha en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) es de 18,8%, en mango (*Mangifera indica*) de 44,3%, Guanábana (*Anona muricata*) 78,8%, Aguacate (*Persea americana*) 35%, melón (*Cucumis melo*) 32% y en papaya (*Carica papaya*) las pérdidas postcosecha son del 29,8% (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Porcentaje promedio de pérdidas postcosecha de seis frutas tropicales de Costa Rica, para productor, transportista y mayoristas. (Según estudio realizado por Arauz y Mora (1983), en el Mercado Borbón y Mercado el Mayoreo, San José, Costa Rica).

Fruta	Productores <sup>1</sup>	Transportistas <sup>2</sup>	Mayoristas <sup>3</sup>	Total <sup>1</sup>
Guanábana	62	25	15	78,8
Mango	14	17	22	44,3
Aguacate	11	12	17	35,0
Melón	20	0	17	32,0
Papaya	16	5	12	29,8
Piña	10	5	5	18,8

Fuente: Arauz y Mora, 1983.

1 Con respecto a la cosecha

2 Con respecto al total transportado

3 Con respecto al total comprado

Según diversos estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1993), se estima que en los países desarrollados existe un 50% de pérdidas en la producción debido a inapropiadas prácticas de manejo postcosecha en cultivos como plátano (*Musa sp.*), banano (*Musa sp.*), cítricos (*Citrus sp.*), papa (*Solanum Tuberosum*) y tomate (*Lycopersicum esculentum*).

Lo ejemplificado anteriormente, explica la preocupación evidente de conocer las diferentes técnicas utilizadas en los países desarrollados para contrarrestar éste problema, el cual disminuye la cantidad de productos alimenticios ofrecidos a la población mundial y que por ende, restringe la disponibilidad de alimento equitativamente (FAO 1993).

### **2.1.1 Fisiología y tecnología postcosecha.**

La fisiología de postcosecha es una rama de la fisiología vegetal que apoyado en los conocimientos científicos aportados por diferentes ciencias básicas (física, matemática, bioquímica, fisiología vegetal, genética y fitopatología), realiza estudios para comprender los procesos del comportamiento de los productos vegetales, una vez separados éstos de las plantas que les dieron su origen (Demerutis 1997).

Esta rama de las ciencias agrícolas, según Demerutis (1996), se esfuerza por entender los diferentes fenómenos naturales que afectan los órganos vegetativos durante su desarrollo y después de su cosecha, en donde dichos fenómenos influyen decisivamente en:

- Calidad Nutricional.
- Calidad Estética.
- Calidad para el transporte y almacenamiento.
- Cualidades de los productos derivados a partir de procesamientos industriales.

Demerutis (1996), considera que al interactuar los diversos conocimientos de la fisiología postcosecha con la ingeniería y la química se establece diversas tecnologías, por medio del cual es posible diseñar y aplicar diversas técnicas para:

- Aumentar la vida útil de producto.
- Conservar o aumentar su calidad.
- Reducir pérdidas en el sistema postcosecha.

## **2.2 Manejo postcosecha en el sector frutícola.**

### **2.2.1 Actividades involucradas en la maduración de las frutas.**

La maduración de los frutos ocurre por diferentes actividades metabólicas que suceden en la fruta, inducidos por cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales a nivel celular.

### 2.2.1.1 Cambios fisiológicos.

#### a) Respiración Celular.

Cualquier tipo de fruta u hortaliza una vez de que ha sido separada de la planta que le dio su origen, establece ciertos mecanismos fisiológicos, que le permitan obtener la energía suficiente que anteriormente tenía disponible de la planta madre. Uno de estos mecanismos fisiológicos, es la respiración celular. Dicha actividad fisiológica llevada por las frutas y hortalizas consiste básicamente en absorber oxígeno del ambiente y liberar dióxido de carbono, mecanismo semejante a los desarrollados por el hombre, los animales y demás organismos. Mediante dicha actividad, se induce una oxidación de las reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos para producir energía. Por ende, al momento de su cosecha, el fruto no podrá reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuya será un factor de gran importancia en la duración de la vida de postcosecha del producto (FAO 1987).

Un factor ambiental que incrementa la respiración celular, son las altas temperaturas, de ahí la importancia de controlar condiciones apropiadas en el almacenamiento de frutas, una vez que han sido cosechadas. Dicha condición se debe a que un aumento del calor en el producto fresco, incrementa las reacciones catabólicas realizadas por las enzimas en este proceso fisiológico (FAO 1987). Lo preocupante de esto, radica en el hecho de que al efectuarse la respiración celular, se da una liberación importante de calor por parte del fruto, lo cual refleja una vez más, la importancia de prestar atención al comportamiento de las variables ambientales (Arias y Toledo 2000).

La tasa de respiración de los frutos, varía considerablemente, siendo mayor en frutales como banano (*Musa* sp.), guanábana (*Annona muricata*), anona (*Annona* sp.), mango (*Mangifera indica*) y melón reticulado (*Cucumis melo*). Sin embargo, el aguacate (*Persea americana*) es considerado como el fruto tropical con mayor tasa de respiración. Por ende, su vida útil será menor que la de aquellos frutos que poseen un menor ritmo de respiración (Cuadro 2) (Arias y Toledo 2000).

**Cuadro 2.** Ritmo de respiración de diferentes frutales tropicales.

Ritmo de respiración	Rango de respiración a 5 °C (mg CO <sub>2</sub> /kg/h)	Fruta
Bajo	5 – 10	Cítricos, papaya, piña, melón "Honey Dew", sandía.
Moderado	10 – 20	Mango, melón reticulado, plátano.
Alto	20 – 40	Aguacate.

Fuente: Kader 1992 citado por Arias y Toledo 2000.

Las frutas anteriormente señaladas se caracterizan por ser climatéricas (Cuadro 3), es decir, estos aumentan la respiración celular y la producción de etileno una vez que son cosechados de la planta, igualmente sus propiedades organolépticas (olor, sabor, color, firmeza) cambian con el paso de tiempo (Demerutis 1997).

Por el contrario, frutales como cítricos (*Citrus* sp.), piña (*Ananas comosus*), sandía (*Citrullus lanatus*) y uva (*Vitis vinifera*), son consideradas frutas no climatéricas debido a que los procesos de desarrollo y maduración organoléptica son continuos y graduales; manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno (Arias y Toledo 2000).

**Cuadro 3.** Clasificación de los frutos de acuerdo a su comportamiento respiratorio.

Frutas climatéricas	Frutas no climatéricas
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	Cereza ( <i>Prunus avium</i> )
Banano ( <i>Musa sapientum</i> )	Frambuesa ( <i>Rubus occidentalis</i> )
Chirimoya ( <i>Anona cherimolia</i> )	Fresas ( <i>Fragaria ananassa</i> )
Ciruela ( <i>Prunus domestica</i> )	Higo ( <i>Ficus carica</i> )
Durazno ( <i>Prunus persica</i> )	Limón ( <i>Citrus limon</i> )
Guanabana ( <i>Annona muricata</i> )	Mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> )
Mango ( <i>Magnifera indica</i> )	Mora ( <i>Morus alba</i> )
Manzana ( <i>Malus pumila</i> )	Naranja dulce ( <i>Citrus sinensis</i> )
Maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> )	Pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> )
Melón ( <i>Cucumis melo</i> )	Piña ( <i>Ananas comosus</i> )
Papaya ( <i>Carica papaya</i> )	Sandía ( <i>Citrullus vulgaris</i> )
Peras ( <i>Pyrus communis</i> )	Toronja ( <i>Citrus grandis</i> )
Plátano ( <i>Musa paradisiaca.</i> )	Uva ( <i>Vitis vinifera</i> )
Sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> )	Granada ( <i>Punica granatum</i> )

Fuente: Demerutis 1997, Arias y Toledo 2000.

## b) Transpiración.

Todo organismo vegetal, está compuesto por un porcentaje importante de agua. Las frutas no son la excepción, debido a que las mismas están constituidas por un 80% de este compuesto inorgánico tan fundamental. La disponibilidad de ésta por el fruto se ve limitada una vez cosechado, por lo que el fruto deberá satisfacer las necesidades del mismo, mediante sus reservas (FAO 1987).

La disponibilidad de agua, se ve limitada mediante el proceso fisiológico de transpiración, ya que en el mismo instante en que ocurre la respiración celular, el fruto está liberando vapor de agua hacia el exterior (atmósfera) junto con dióxido de carbono (FAO 1987, Salisbury y Ross 2002). Lo mencionado anteriormente se representa químicamente mediante la siguiente fórmula, observándose que el producto de la reacción es agua y dióxido del carbono los cuales son liberados al exterior.



Por consiguiente, el efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua en la fruta cosechada, que no puede ser reemplazado. La velocidad con que se pierde ésta, será un factor determinante en la vida de postcosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad de la fruta perdiendo su turgencia; es decir, se vuelve blando y marchito (FAO 1987).

### 2.2.1.2 Cambios bioquímicos.

Autores como Demerutis (1996), Salisbury y Ross (2002), señalan que los cambios bioquímicos son ocasionados por la respuesta de los receptores de etileno a la percepción del mismo a nivel celular, provocando con ello toda una cascada química de reacciones, que generan cambios en los carbohidratos, así como pigmentación de los tejidos, producción de compuestos aromáticos y cambios en el sabor de la fruta.

Con respecto al primero de ellos, los *carbohidratos* sufren ciertas alteraciones bioquímicas relacionada con la hidrólisis del almidón; en donde enzimas rompen largas cadenas de azúcares libres. La degradación de compuestos péctidos, ocasionan con ello la pérdida de firmeza y textura en la fruta, inducido por la actividad de las enzimas Pectin Metil Enterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) que degradan la pared primaria y lámina media. La suavidad y pérdida de turgencia en la fruta, también es asociada a la degradación de otros compuestos polisacáridos en pared celular, tales como hemicelulosa y celulosa los cuales al degradarse incrementan la dulzura de la fruta y ocasionan pérdida de firmeza (Demerutis 1996, Watkins 2006).

Demerutis (1996) y Villalobos 2009<sup>1</sup>, consideran que los *cambios de pigmentación* en los tejidos son inducidos por la degradación de la clorofila; siendo esta una respuesta bioquímica desencadenada por los receptores de etileno, generando con ello pérdida de la coloración verde de los frutos al iniciarse la síntesis de carotenos, tales como licopeno (rojo), betacaroteno (amarillo) y xantofilas (anaranjado), así como la síntesis de flavonoides, especialmente antocianinas tales como pelargonidina (naranja y rojo), cianidina (rojo y café) y delphinidina.

Conforme los frutos maduran, el *contenido de ácidos orgánicos* disminuye, inducido por la actividad respiratoria que sufre la fruta, en donde el ácido cítrico, málico y tártrico son utilizados como sustratos de la respiración: en la glucólisis y ciclo de Calvin. (Demerutis 1997, Salisbury y Ross 2002).

*Los cambios de sabor y aroma* que suceden durante el almacenamiento y las etapas posteriores, son propiciados por la disminución de los componentes fenólicos astringentes, con respecto al sabor y la producción de compuestos aromáticos incrementan durante el pico climatérico ligado a su vez, con la respuesta bioquímica inducida a nivel celular por

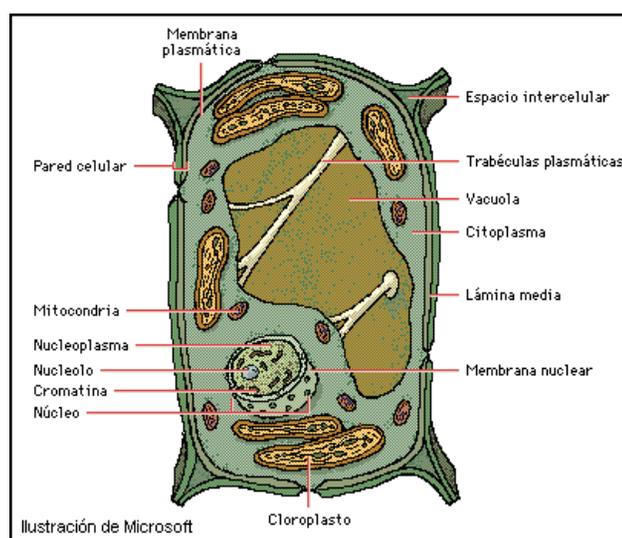
---

<sup>1</sup> Villalobos M. 2009. Efecto de la aplicación de SmartFresh (1-MCP) en peras europeas Bartlett (entrevista). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU,

las altas tasa de producción de etileno, constituidos por ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos y derivado de isopropeno (Demerutis 1996).

### 2.2.1.3 Cambios estructurales a nivel celular.

Cuando la fruta posee altos índices de madurez (células adultas), dentro de la célula se observa la presencia de una gran vacuola que abarca la parte central de la misma (Figura 1). Con respecto a los demás componentes citoplasmáticos, los mismos son desplazados en posición parietal al lado de la membrana celular (Demerutis 1997 y Balla 2004).



**Figura 1.** Representación esquemática de una célula vegetal adulta. (Según Balla 2004).

### 2.2.2 Parámetros de madurez de los frutos.

Desde tiempos muy remotos, el hombre ha utilizado la observación para determinar el momento óptimo de la cosecha, dichos parámetros se han analizado de una forma cualitativa; mediante la observación de cambios de color, sabor, olor, textura y forma de la fruta (FAO 1993). Sin embargo, para estandarizar y hacer más exacto el momento preciso para recolectar la fruta, se han establecidos diferentes técnicas cuantitativas, tales como caracterización del color, sólidos solubles totales, acidez titulable, tasa de producción de

dióxido de carbono y etileno (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004).

#### 2.2.2.1 Técnicas cualitativas.

##### a) Caracterización del color.

La evaluación subjetiva de color se analiza utilizando tablas de color, las cuales varían según la especie frutal y variedades de una misma especie. Las mismas, categorizan la intensidad de color que presenta la fruta de acuerdo a su estado de madurez. Mediante su implementación se pretende facilitar la tarea del evaluador, así como disminuir las diferencias de percepción entre un evaluador y otro (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004).

Una de las ventajas que presenta este método de evaluación de color, es el hecho de que no es necesario tener un equipo especializado para efectuar la medición, además su ejecución suele ser más rápida y simple. Sin embargo, una de su desventaja es que la percepción de intensidad de color puede variar de una persona a otra (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004).

##### b) Forma y Tamaño.

El consumidor busca aquellos frutos con mayor calidad externa, por ende es entendible que los frutos con formas irregulares y de poco tamaño sean rechazados por él, de ahí la importancia de garantizar la calidad visual del producto. Frecuentemente este parámetro es analizado a simple vista (percepción del ojo humano), no obstante cuantitativamente la forma de la fruta, se evalúan con la ayuda de un vernier o pie rey. Por el contrario, la medida de la masa del fruto (tamaño) se cuantifica por medio de una balanza, o bien por la experiencia de clasificación del productor o vendedor (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004).

c) Inocuidad del producto.

Algunas experiencias que han ocurrido a nivel mundial, debido a la contaminación de los alimentos con microorganismos dañinos para el ser humano, como es el caso del melón (*Cucumis melo*) Hondureño con *Salmonella* y Tomate (*Lycopersicum sculentum*) con *Escherichia Coli*, pone en manifiesto la preocupación que tiene el consumidor por garantizar que los productos que consume estén libre de éstos microorganismos. Es por esta razón, que a ningún consumidor le gusta elegir productos que presentan mala apariencia física, frutas con cortes, golpes, magalladuras, daños fisiológicos o patológicos (Chavarrías 2008, Gimferrer 2008, Teplitski *et al.* 2008 y Mitchell 2009).

2.2.2.2 Técnicas cuantitativas.

a) Caracterización del color.

Su cuantificación mediante la evaluación objetiva, se efectúa mediante la utilización de un aparato especial denominado colorímetro. Este es un equipo especializado para la evaluación del color, las ventajas obtenidas con esta evaluación según, Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004, son las siguientes:

- Disminución de la variabilidad en la medición del color.
- Puede cuantificar pequeñas diferencias de color.
- Fácil de transportar de un lugar a otro, debido a que el equipo es portátil y puede funcionar con baterías.

No obstante una desventaja de su utilización, es el hecho de que la evaluación es más lenta, si por el contrario, la misma solamente se efectuara a simple vista, sumado a que el equipo es de alto costo (\$4500). La función del colorímetro es describir la coloración de la epidermis en tres parámetros, L\*, a\*, b\*. En factor L\* indica la luminosidad, con valores que van de 0 a 100, el color negro presenta una luminosidad de 0 mientras que el blanco presenta una luminosidad de 100. Los parámetros a\* y b\* se utilizan para evaluar la saturación (Chroma) y el tono (Hue) respectivamente. La saturación indica la pureza de

color y el tono es el color propiamente dicho (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004).

b) Sólidos Solubles Totales (SST).

El grado de dulzor de una fruta, se cuantifica a partir de los azúcares presentes en el jugo o zumo de la misma. Para la medición de este parámetro se utilizan refractómetros, los cuales determina el porcentaje de sólidos solubles totales presente en el jugo, siendo el valor obtenido equivalente al porcentaje de azúcares en una solución acuosa (Kitinoja y Kader 2002).

Generalmente la muestra a utilizar para realizar la medición, en el caso de frutas pequeñas, corresponde a todo el contenido de la misma. Por el contrario, en frutas grandes se toma una rebanada desde el extremo pendular al extremo floral y hacia el centro de la fruta. Posteriormente se separa la pulpa por filtrado se toma una gota de jugo y se efectúa la lectura. Se recomienda limpiar y calibrar el refractómetro entre cada lectura con agua destilada (Mitcham *et al.* 1996, Kitinoja y Kader 2002). En el Cuadro 4, se menciona el porcentaje de sólidos solubles totales requeridos para la cosecha de las frutas.

**Cuadro 4.** Porcentaje de sólidos solubles totales, apropiados para la cosecha de diferentes cultivos frutales.

Nombre de la fruta	% Mínimo de SST
Cereza ( <i>Prunus avium</i> )	14-16
Ciruelas ( <i>Prunus domestica</i> )	12
Cítricos ( <i>Citrus</i> sp.)	11
Damasco o albaricoque ( <i>Nigella damascena</i> )	10
Fresa ( <i>Fragaria ananassa</i> )	7
Granada ( <i>Punica granatum</i> )	17
Kiwi ( <i>Actinia chinensis</i> )	6,5
Mango ( <i>Mangifera indica</i> )	10-12
Manzanas ( <i>Malus pumila</i> )	12
Melocotón ( <i>Prunus persica</i> )	10
Melones ( <i>Cucumis melo</i> )	10
Nectarina ( <i>Prunus persica</i> var. <i>nectarina</i> )	10
Papaya ( <i>Carica papaya</i> )	11,5
Pera ( <i>Pyrus communis</i> )	13
Piña ( <i>Ananas comosus</i> )	12
Sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> )	10
Uva ( <i>Vitis vinifera</i> )	14-17,5

Fuente: Kitinoja y Kader 2002.

Según García (2004), la metodología para cuantificar los sólidos solubles totales es la siguiente:

- 1) Colocar una gota de agua destilada y observar que el instrumento esté calibrado (debe indicar cero SST).
- 2) Medir 100 ml del jugo de la fruta y colocar gotas del mismo en el refractómetro.
- 3) Efectuar la lectura en el refractómetro.

c) Firmeza o dureza.

Este es un importante parámetro utilizado para evaluar la dureza de la pulpa de la frutas, empíricamente dicho parámetro se evalúa con el simple hecho de morder una fruta. Sin embargo, para asegurar la precisión y exactitud del valor obtenido en la medición, se implementan aparatos especiales denominados penetrómetros (Kitinoja y Kader 2002).

Su cuantificación permite analizar la resistencia que presenta la fruta a la incidencia de daños mecánicos y patógenos durante el manejo postcosecha de la misma. Cabe mencionar, la funcionalidad que presenta dicho parámetro, como indicador de estados de madurez en las frutas, debido a que la dureza de la pulpa disminuye conforme madura el fruto (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004). Este mismo autor, aconseja tomar una muestra representativa de aproximadamente 15 a 25 frutas o alrededor del 3% de la muestra total para evaluar dicho parámetro, seleccionándose frutas uniforme en forma y tamaño conservadas a temperatura ambiente. Igualmente se recomienda utilizar un punzón adecuado, siendo ésta condicionada por el tamaño de las frutas.

d) Tasa de producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Las plantas producen sus asimilados mediante el proceso de fotosíntesis, en donde a partir de dióxido de carbono existente en el ambiente, el agua obtenida por la planta mediante la raíces y la energía proveniente de la luz, se genera diversos carbohidratos que utiliza la planta para llevar a cabo las diferentes actividades metabólicas implicadas en el crecimiento, reproducción y desarrollo de los frutos (FAO 1993).



Una vez recolectados los frutos, dichos procesos vitales continúan, aunque en forma modificada. Teniendo en cuenta que una vez cosechados ya no pueden reponer las sustancias nutritivas ni el agua, los productos han de utilizar sus reservas almacenadas, y cuando éstas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento (senescencia) que conduce a la descomposición y a la putrefacción (FAO 1993).

Uno de estos procesos fisiológicos que sufren los frutos, es la respiración; proceso por el cual las plantas absorben oxígeno y desprenden dióxido de carbono, el oxígeno del aire descompone los hidratos de carbono del fruto en dióxido de carbono y agua. Esa reacción produce energía en forma de calor (FAO 1993).

De acuerdo con Villalobos y Mitcham (2008), el almacenamiento de peras (*Pyrus communis* L.), en atmósferas controladas con alto contenido de dióxido de carbono y/o bajo contenido de oxígeno, ocasiona una inhibición en la tasa de respiración. Además, bajo contenido de oxígeno produce una reducción de la síntesis de etileno.

e) Tasa de producción de gas etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).

Este regulador de crecimiento tiene una importante función en diversas plantas. En Costa Rica, su uso ha tenido un importante auge en el sector piñero para inducir la floración o forzamiento y la maduración de la fruta (Jiménez 1999).

La utilización de este compuesto orgánico (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) para la maduración de las frutas, empieza a resurgir a partir de su descubrimiento, en el año 1901. Ejemplo de ello, ha sido su utilización para la maduración de manzana (*Malus* sp.), banano (*Musa* sp.), pera (*Pyrus communis* L.), papaya (*Carica papaya*) en diversas partes del mundo, así como su implementación en la India, para la maduración de los mangos (*Mangifera indica*) (Kader 2002a). En el Cuadro 5, se representan las cantidades producidas de gas etileno por algunos frutales.

**Cuadro 5.** Tasa de producción de etileno en algunos frutales.

Clase	Etileno (ml/kg/h a 20 °C)	Frutal
Muy bajo	< 0.1	Cítricos, cereza y dátil.
Bajo	0.1 - 1.0	Piña, melón, sandía.
Moderado	1.0 - 10.0	Mango, ciruela, melón (Honey Dew), plátano.
Alto	10.0 - 100.0	Melón reticulado, aguacate, papaya, guayaba, durazno, pera, nectarina y damasco.
Muy alto	> 100.0	Maracuyá y manzana.

Fuente: FAO 1993.

f) Acidez titulable.

Este parámetro es cuantificado con la finalidad de analizar la calidad de las frutas, específicamente para caracterizar el sabor y la madurez de los productos frescos,

analizándose en conjunto con los otros parámetros descritos (Sistema postcosecha y sus cumplimientos con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos 2004).

Para determinar la acidez titulable, se extrae una pequeña porción de jugo de la fruta y el mismo se lleva a un punto de pH neutro mediante la adición por titulación de un compuesto alcalino que posea una normalidad conocida (generalmente se utiliza NaOH), para que éste neutralice la acidez del medio (Hernández 2005). Este mismo autor, describe la metodología para cuantificar la acidez titulable de la siguiente manera:

- 1) Pesar 10 - 50 g de la muestra.
- 2) Añadir 50 ml de agua destilada.
- 3) Agregar a la disolución dos a tres gotas de fenolftaleína.
- 4) Titular la disolución con NaOH hasta que ocurra un cambio de color de amarillo a rosado (la disolución alcanzado un pH de 8,2).
- 5) Determinar la acidez titulable mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = ((\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{meq ácido} / \text{peso muestra}) \times 100)$$

En donde:

- ml NaOH = Volumen del NaOH gastado en ml.
- N NaOH = Normalidad del NaOH.
- Meq ácido = constante para cada tipo de ácido.
- Peso muestra = cantidad de jugo utilizado en gramos.

### **2.2.3 Factores que afectan la vida postcosecha de las frutas.**

#### 2.2.3.1 Factores internos.

##### a) Estado de desarrollo.

Los frutos cercanos a madurez fisiológica, podrían presentar una mayor tasa respiratoria que los frutos en estado de senescencia, siendo este comportamiento más evidente en los frutos climatéricos. Dicho factor repercute en la vida en anaquel del producto, ya que

frutos con mayor tasa de respiración tendrán una vida postcosecha menor, si no se implementan adecuados manejos postcosecha (Demerutis 1997).

b) Composición química del tejido.

Según Demerutis (1997), la relación entre la tasa respiratoria y la composición química, varía según el producto que se considere; por ejemplo, en las manzanas el contenido de azúcares está relacionado con la actividad respiratoria. El coeficiente respiratorio (CR), el cual es una relación entre  $\text{CO}_2$  producido y el  $\text{O}_2$  consumido durante la respiración, varía según el tipo de sustrato que se esté usando. Cuando el sustrato es ácido graso el CR es menor a uno; si es azúcar, el CR es igual a uno y si es ácido orgánico, el CR es mayor que uno en condiciones normales.

c) Tamaño del fruto.

Al comparar cantidades iguales de frutos pequeños y frutos grandes, los primeros presentan mayor superficie expuesta a la atmósfera y por lo tanto la tasa de respiración será mayor (Demerutis 1997).

#### 2.2.3.2 Factores externos.

a) Temperatura.

La temperatura influye en el comportamiento respiratorio de los frutos. Cuando las temperaturas son altas se presenta un incremento en las reacciones enzimáticas; temperaturas superiores a los  $35\text{ }^\circ\text{C}$ , pueden ocasionar una caída progresiva de la respiración, debido a que se induce a una desnaturalización de las proteínas o al destruirse las enzimas se genera un rompimiento del metabolismo respiratorio. Del mismo modo, las bajas temperaturas inducen una disminución de las actividades metabólicas de la respiración (Demerutis 1997). En el Cuadro 6, se menciona los rangos de temperatura óptimos para el almacenamiento de diferentes frutales tropicales y subtropicales y su relación con la humedad relativa y tiempo de almacenamiento.

**Cuadro 6.** Condiciones óptimas para el almacenamiento de especies frutales.

<b>Especie Frutal</b>	<b>Temperatura ( °C)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>
Banana – Plátano	13-15	90-95	7-28
Caimito	3	90	21
Carambola	9-10	85-90	21-28
Cereza	-1-0,5	90-95	14-21
Ciruelas	-0,5-0	90-95	14-35
Albaricoque, Damasco	-0,5-0	90-95	7-21
Durazno	-0,5-0	90-95	14-28
Frambuesa	-0,5-0	90-95	2-3
Guanábana	13	85-90	7-14
Guayaba	5-10	90	14-21
Higos	-0,5-0	85-90	7-10
Kiwi	-0,5-0	90-95	90-150
Limón	10-13	85-90	30-180
Mandarina	4-7	90-95	14-28
Mango	13	90-95	14-21
Manzana	-5	90-95	30-180
Maracuyá	7-10	85-90	21-35
Marañón	0-2	85-90	35
Melón Cantalupo Inm.	2-5	95	15
Melón Cantalupo mad.	0-2	95	5-14
Naranja	0-9	85-90	56-84
Nectarines	-0,5-0	90-95	14-28
Aguacate	5-13	85-90	14-56
Papaya	7-13	85-90	7-21
Pera	-1,5-0,5	90-95	60-210
Pera asiática	1	90-95	150-180
Uva	-0,5-0	90-95	14-56

Fuente: Cantwell 1999, Sargent *et al.* 2000 y McGregor 1987 citado por FAO 2003.

#### b) Humedad.

Otro factor climático que influye en el período de vida postcosecha de la fruta es la humedad, ya que su valor es inversamente proporcional a la tasa de transpiración que tendrá el producto, debido a que cuanto más alta esté la humedad relativa, menor será la transpiración de la fruta o por el contrario al ser menor la humedad relativa, incrementará la

transpiración, al estar más seco el aire circundante. Es por ello, que al desear controlar esta actividad que influye en la maduración y sobretodo en la apariencia de las frutas, será conveniente mantener el producto en un ambiente de humedad relativa alta, reduciendo de este modo la pérdida de agua y con ello alargando la vida anaquel del producto en el mercado (FAO 1993).

Es importante destacar, que la humedad relativa es también inversamente proporcional a la temperatura, ya que cuando se induce altas temperaturas de almacenamiento, la humedad relativa será menor, que si por el contrario, se regulan bajas temperaturas; las cuales permitirán una alta humedad relativa, lo que disminuiría la tasa de transpiración de las frutas y por ende se prolongará la vida útil del mismo luego de su cosecha. Lo mencionado, se observa en el Cuadro 6, en donde frutales que son conservados en condiciones controladas de temperaturas bajas de almacenamiento presentan una mayor humedad relativa que si por el contrario, fueran almacenados en altas temperaturas (FAO 1993).

c) Atmósferas controladas (niveles de oxígeno y dióxido de carbono).

La modificación de la atmósfera (MA) o las atmósferas controladas (AC) consisten en regular las concentraciones de los gases que se encuentran en el ambiente, específicamente estandarizando las concentraciones de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono que se encuentran en aire durante el almacenamiento o transporte de los productos una vez cosechados (Kader 2002a).

La disminución de las concentraciones de oxígeno (por debajo de 21%) reduce la velocidad de la respiración, mientras que un aumento en la concentración por encima de lo normal, incrementa la tasa respiratoria. Por el contrario, una concentración de CO<sub>2</sub> mayor a lo normal (0,03%) reduce la actividad respiratoria (Demerutis 1997).

Lo señalado confirma la importancia de controlar las concentraciones de dichos gases durante las etapas de almacenamiento de los productos, para ampliar la vida postcosecha

del fruto; esto se logra mediante las bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. Es bajo este principio fundamental, por lo cual se desarrollan las atmósferas controladas en el proceso de almacenamiento y transporte de las frutas (Demerutis 1997). No obstante, es importante recalcar que los valores de tolerancia con respecto a las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono a las cuales se expondrán los productos dependerá de la especie, cultivar o variedad, edad fisiológica de la fruta, temperatura y duración de almacenamiento (Kader 2002a).

Según Kader (2002a) la aplicación de la técnica de atmósferas controladas, genera algunos beneficios potenciales en la conservación del producto, tales como:

- Retarda la senescencia de las frutas mediante el alargamiento de los procesos bioquímicos (color, sabor) y fisiológicos (transpiración y respiración) que ocurren en él.
- Reduce la sensibilidad de las frutas a la acción del etileno mediante el control de las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.
- Disminuye los desórdenes fisiológicos que ocurren a nivel postcosecha, tales como los daños por frío, manchado y decoloración externa e interna en las frutas.
- La modificación de la atmósfera puede directa o indirectamente disminuir la incidencia de patógenos a nivel postcosecha. Por ejemplo, al elevar los niveles de CO<sub>2</sub> a 10-15%, se inhibe significativamente la incidencia de *Botrytis cinerea* en fresas y cerezas. Ante ello, no es necesario establecer protocolos de desinfección con fungicidas a nivel postcosecha si se practicara dicha técnica.
- Igualmente la aplicabilidad de atmósferas controladas (menos que 1% O<sub>2</sub> y 40%-60% de CO<sub>2</sub>) puede ser usada como una herramienta importante para el control de insectos en algunos productos, es por ello que mediante el uso de esta técnica se disminuiría la necesidad de aplicar tratamiento de desinfección con insecticidas a nivel postcosecha.

Sin embargo, toda tecnología posee sus desventajas, a continuación se mencionan las que Kader (2002a) titula como efectos potencialmente dañinos de la atmósferas controlada.

- Iniciación o agravación de ciertos desórdenes fisiológicos tales como corazón negro en papa, mancha café en lechuga y corazón café en peras y manzanas.
- Maduración irregular en frutas, tales como banano, mango, peras y tomates lo cual es resultado de la exposición de bajos niveles de oxígeno (2%) y altos niveles de dióxido de carbono (5%) por más de dos a cuatro semanas.
- Sabores y olores desagradables en las frutas y hortalizas, debido a la exposición de atmósferas controladas con bajos niveles de oxígeno y altos de dióxido de carbono.
- Reducción en el desarrollo de la peridermis en algunos tubérculos en el proceso de almacenamiento postcosecha de los mismos.

Para evitar la incidencia de estos daños potenciales de la utilización de las atmósferas controladas en el transporte y almacenamiento de los frutos, Kader (2002a), en el Cuadro 7, menciona las condiciones óptimas de atmósferas controladas o modificadas a aplicar, durante el transporte o almacenamiento de las frutas.

**Cuadro 7.** Condiciones óptimas para el almacenamiento de especies frutales sometidas a condiciones de atmósferas controladas durante el transporte o el almacenamiento.

<i>Frutal</i>	Temperatura (°C)	<i>AC</i>		<i>Uso comercial</i>
		%O <sub>2</sub>	%CO <sub>2</sub>	
Aguacate	5-13	2-5	3-10	Uso durante el transporte marítimo.
Damasco	0-5	2-3	2-3	
Arándolo	0-5	2-5	12-20	Uso limitado durante el transporte.
Banano	12-16	2-5	2-5	Uso durante el transporte marítimo.
Cereza	0-5	3-10	10-15	Usando dentro de los cobertores de los palets durante el transporte.
Ciruela	0-5	1-2	0-5	Uso limite en largo tiempo de almacenamiento de algunos cultivares.
Durazno clingstone	0-5	1-2	3-5	Limitado uso en enlatado.
Durazno freestone	0-5	1-2	3-5	Uso limitado durante el transporte marítimo.
Frambuesa	0-5	5-10	15-20	Usando dentro de los cobertores de los palets durante el transporte.
Fresa	0-5	5-10	15-20	Usando dentro de los cobertores de los palets durante el transporte.
Higo	0-5	5-10	15-20	Limitado uso durante el transporte.
Limón	10-15	5-10	0-10	
Mango	10-15	3-7	5-8	Uso durante el transporte marítimo.
Manzana	0-5	1-2	0-3	Alrededor de 60% de la producción en almacenamiento con AC.
Nectarina	0-5	1-2	3-5	Uso limitado durante el transporte marítimo.
Naranja	5-10	5-10	0-5	
Papaya	10-15	2-5	5-8	
Pera Asia	0-5	2-4	0-3	Uso limite en largo tiempo de almacenamiento de algunos cultivares.
Pera EU	0-5	1-3	0-3	Alrededor de 25% de la producción de almacenamiento en AC.
Piña	8-13	2-5	5-10	En el proceso de encerado se crean AC para disminuir fisiopatías postcosechas.
Uva	0-5	2-5	1-3	Incompatible con sulfatos.
Zarza	0-5	5-10	15-20	Usando dentro de los cobertores de los palets durante el transporte.

Fuente: Kader 1997, Kader 2001 citado por Kader 2002a.

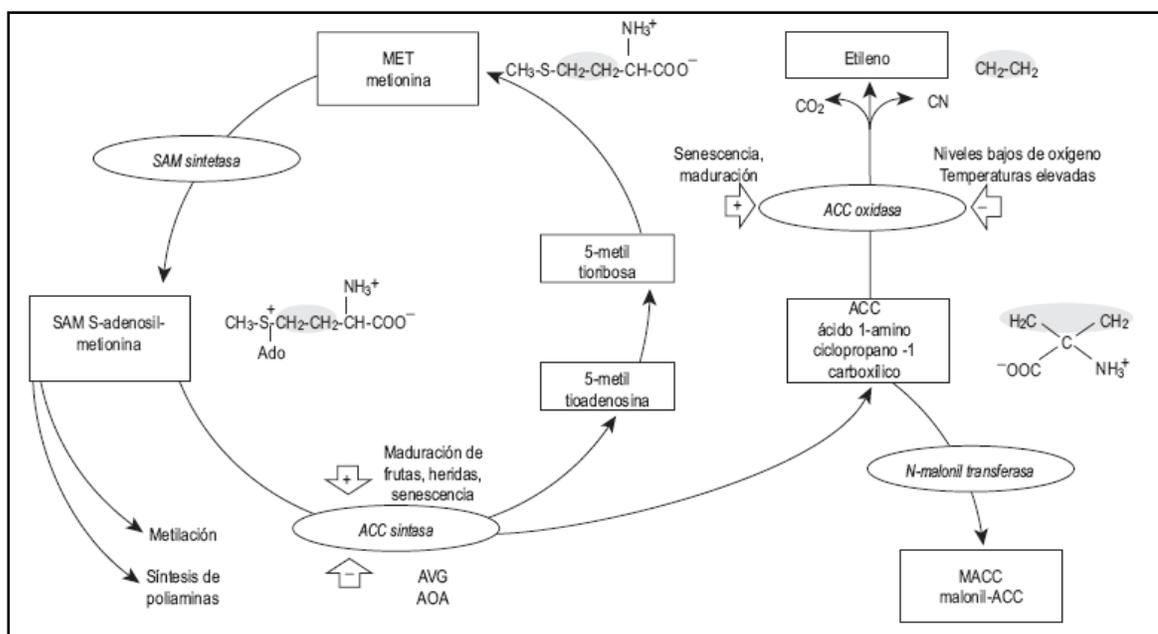
#### d) Producción de Etileno.

El nivel de etileno en frutas aumenta con la madurez de la fruta, el daño físico, incidencia de enfermedades y temperaturas altas. El almacenamiento refrigerado y el uso de atmósferas con menos de 8% de O<sub>2</sub> y más de 2% de CO<sub>2</sub>, contribuyen a mantener bajos niveles de etileno en el ambiente de postcosecha (Arias y Toledo 2000, Salisbury y Ross 2002).

Concentraciones de etileno de 1-10 ppm normalmente saturan la respuesta fisiológica en la mayoría de los tejidos. Por el contrario, la producción de éste gas se incrementa en los tejidos vegetales en temperaturas de 0 °C a 25 °C. No obstante, temperaturas mayores que 30 °C restringen drásticamente la síntesis y acción del etileno (FAO 1993).

La necesidad de O<sub>2</sub> y de energía metabólica de la fruta para la producción de etileno, permite manipular el ritmo de síntesis y efectos de este gas mediante el uso de atmósferas controladas. Niveles de O<sub>2</sub> menores que 8% y de CO<sub>2</sub>, mayores que 2% limitan de manera significativa la síntesis y acción del etileno en el producto cosechado (FAO 1993).

El descubrimiento de la síntesis metabólica del etileno, se debe gracias al trabajo arduo de muchos investigadores a través del mundo. El primero en aportar sus conocimientos fue Leiberman en los laboratorios de Beltsville de la USDA, el cual demostró que el aminoácido metionina era el componente principal para la síntesis de esta hormona vegetal. Posteriormente investigadores de la Universidad de California en Davis descubrieron a s-adenosil-metionina (SAM), como otro componente clave en la ruta metabólica y entonces, casi simultáneamente Lursen en Alemania Oriental, Adams y Yang en U.C.Davis descubrieron que SAM era convertido a un aminoácido cíclico poco común, el ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), el cual, al interactuar con O<sub>2</sub> se convierte finalmente en etileno (Figura 2), se cree que esta hormona vegetal se produce en el tonoplasto (la membrana que delimita las vacuolas centrales de las células) y membranas plasmáticas de la célula (Salisbury y Ross 2002, Reid 2002).



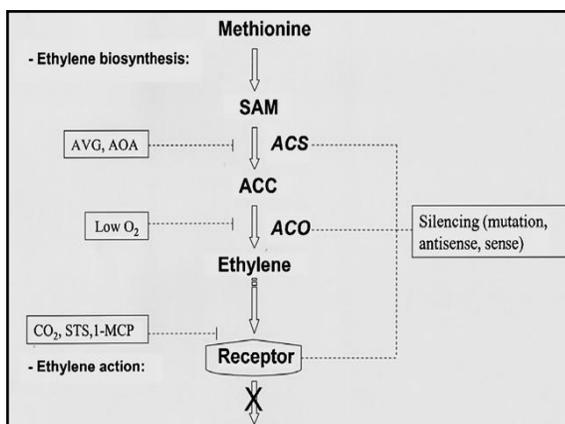
**Figura 2.** Ruta metabólica de la síntesis de etileno. (Según Reid 2002, Salisbury y Ross 2002).

A nivel comercial, la industria ha desarrollado diferentes inhibidores en la síntesis de etileno, los principales son el aminoetoxivinilglicina (AVG), aminooxicético (AOA) y 1-metilciclopropano (1-MCP). A continuación una breve descripción de la forma, en como actúan cada uno ellos.

El AVG y AOA, son productos que inhiben la síntesis de ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico), debido a que el AVG y AOA compite por el fosfato de piridoxal, el cual es utilizado por ACC sintetasa para producir el ACC (Calvo s.f, Salisbury y Ross 2002 y Reid 2002). Otros como Mitcham (1998), citado por Villalobos y Mitcham (2008), estudiaron el efecto de la aplicación de ReTain (formulación comercial de AVG) en peras Bartlett a tres, dos y una semana pre-cosecha; demostrado con ello, que los tratamientos a un y dos semanas antes de la cosecha, ayudan a mantener la maduración de la cosecha, manteniendo altos estándares de firmeza, color verde en la piel y alto contenido de almidón en la fruta.

Mediante un comportamiento diferente, el 1-metilciclopropeno (1-MCP), al igual que el AVG y AOA, bloquea la síntesis de etileno, debido a que el producto interactúa con los receptores de etileno, bloqueando la acción del mismo (Mitcham *et al.* 2001, Watkins 2006, Villalobos y Mitcham 2008).

Ha sido ampliamente demostrado que la aplicación postcosecha de este producto, ayuda a mantener los estados de madurez de las frutas; decreciendo firmeza, degradación interna, desarrollo de color, escaldadura de almacenamiento, rangos de respiración, producción de etileno y actividad de las enzimas 1-aminociclopropano carboxílico sintasa (ACS) y 1-aminociclopropano carboxílico oxidasa (ACO); la primera reacciona con SAM para formar ACC, el cual posteriormente actúa con la enzima ACO para producir la síntesis de etileno endógeno en las frutas (Figura 2) (Mitcham *et al.* 2001, Watkins 2006 y Villalobos y Mitcham 2008). Sin embargo, aún no se tiene claro cual es la mejor combinación de madurez de cosecha para su aplicación, así como la concentración ideal a utilizar para cada tipo de cultivo, condiciones óptimas para su aplicación (temperatura y tiempo de exposición), tiempo de almacenaje adecuado después de la aplicación de 1-MCP para controlar los estados de suavidad (firmeza), desórdenes fisiológicos (degradación interna y escaldadura) y de esta manera obtener un fruto con características organolépticas de consumo (adecuados sólidos solubles totales, acidez, firmeza, aromas, color interno y externo) (Villalobos y Mitcham 2008).



**Figura 3.** Efecto de la aplicación de 1-MCP en el manejo postcosecha de las frutas. (Según Villalobos y Mitcham 2008).

Este último, constituye el principal problema de su implementación, ya que después del almacenamiento se obtiene frutos que no maduran normalmente, los cuales no satisfacen las expectativas del consumidor. Ante ello, diferentes investigadores recomiendan la aplicación exógena de etileno antes de la aplicación de 1-MCP, debido a que el etileno mismo, reduce la cantidad de receptores de etileno, lo cual, a parecer incrementa la respuesta a la maduración (Watkins 2006, Villalobos 2009<sup>2</sup>).

e) Daño mecánico y microorganismos.

Cualquier tipo de herida o rasgadura en el fruto incrementa la tasa respiratoria del mismo. La intensidad de la respuesta dependerá de la severidad del daño y la variedad a la cual pertenece el fruto afectado, este comportamiento probablemente se deba a que el daño producido desencadena un efecto indirecto en la producción de etileno, debido a que este proceso se estimula bajo dichas condiciones (Demerutis 1996).

Igualmente, al haber heridas en el fruto, existen potenciales fuentes de entradas de microorganismos, los cuales modifican la tasa respiratoria, afectando por ende la vida postcosecha del fruto. Se ha comprobado que ciertos microorganismos que afectan los frutos incrementan la tasa de producción de etileno. Desde tiempos muy antiguos en Jamaica se conocía que los plátanos y naranjas no se podían almacenar juntas en las embarcaciones, debido a que cierta emanación de las naranjas provocaba que los plátanos se maduraran prematuramente. Las naranjas son frutos no climatéricos y por ende, se caracterizan por no producir altas concentraciones de etileno, por lo que se cree que dicha situación se debe a que ciertos hongos que afectaban a las naranjas en la etapa de almacenamiento y transporte estimulaban la emanación de etileno (Salisbury y Ross 2002).

---

<sup>2</sup> Villalobos M. 2009. Efecto de la aplicación de 1-MCP en peras Bartlett (entrevista). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

## 2.3 Cosecha y manejo postcosecha de frutas tropicales y subtropicales.

### 2.3.1 Granada (*Punica granatum*).

Esta fruta es ampliamente cultivada en países tropicales y subtropicales, no obstante la misma ha tenido un mayor auge en países mediterráneos tales como República Tunesina, Turquía, Egipto, España, Marruecos, Irán, Afganistán, India, y algunas variedades se han extendido a los Estados Unidos (California), China, Japón y Rusia. El incremento de las plantaciones a nivel mundial de esta fruta, se debe a las bondades científicamente comprobadas, que presenta el jugo de la misma, como fuente rica en antioxidantes que disminuye los problemas coronarios y enfermedades cancerígenas en los humanos (Kupper *et al.* 1995, López *et al.* 2005).

A nivel comercial, las variedades que más están siendo cultivadas por los países subtropicales son: Mollar de Elche, Mollar de Játiva o de Valencia y Wonderful; esta última es la más cultivada en California, Estados Unidos, para la producción industrial de jugo, jaleas y vinos. En este estado, la mayoría de las plantaciones se ubican en el centro y sur del Valle de San Joaquín, especialmente en Fresno, Tulare, King y Kern (Palou *et al.* 2007).

Según Santos (2008<sup>3</sup>) un 75% de la producción en esta zona, se destina a la industrialización del jugo y solamente un 25% se comercializa para la venta del producto fresco, este comportamiento se debe a que la extracción de la semilla (arilos envuelto en membranas) es un poco complicada, por lo que la industria ha incentivado la producción del jugo, para aumentar el consumo de esta fruta subtropical (López *et al.* 2005).

---

<sup>3</sup> Santos M. 2008. Técnicas de cosecha y manejo postcosecha de la granada (*Punica granatum*) en la Finca de la Compañía POM Wonderful (entrevista). Valle de San Joaquín, California, EEUU.

### 2.3.1.1 Época de cosecha para la granada.

En España la variedad Mollar Elche, representa alrededor del 90% de la producción, la cosecha de la misma se efectúa de setiembre a mediados de noviembre (López *et al.* 2005). Con respecto a los Estados Unidos, la variedad que más se cultiva es Wonderful, la cual se cosecha en el mismo periodo señalado para la variedad Española (Palou *et al.* 2007).

Los principales parámetros utilizados para determinar el momento óptimo para efectuar la cosecha se basan específicamente en la cuantificación de los sólidos solubles totales, acidez, porcentaje de taninos y cambios de color en la fruta (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Parámetros utilizados en el índice de corta de la granada (*Punica granatum*).

Parámetro de evaluación	Valor óptimo cosecha
Porcentaje Sólidos Solubles Totales	17%
Porcentaje de taninos	0,25%
Acidez titulable	1,85%
Color externo	Rojo
Color del jugo	Rojo (igual a o más oscuro que 5R-5/12 de la guía de colores Munsell).

Fuente: Crisosto *et al.* 2009a.

### 2.3.1.2 Método de recolección

La fruta se separa del árbol cuando presenta los parámetros cualitativos y cuantitativos de índice de corta (Cuadro 8), en ese momento se garantiza que la fruta ha alcanzado la maduración de consumo. La granada por ser un fruto no climatérico debe cosecharse cuando cuenta las características de sabor, color y dulzor apropiados para su consumo. Esta fruta se recolecta utilizando una tijera cortadora (Crisosto *et al.* 2009a).

### 2.3.1.3 Clasificación y empaque.

Según Santos (2009)<sup>4</sup>, la fruta para mercado fresco es clasificada en seis categorías diferentes:

<sup>4</sup> Santos, M. 2009. ¿Cómo se clasifica la granada (*Punica granatum*) para mercado fresco en la planta de empaque (correo electrónico)? Compañía POM, California, EEUU.

- Super tamaño: La fruta es grande, peso mayor a 750 g por unidad.
- Tamaño tipo King: La fruta posee peso de 500-750 g.
- Tamaño tipo Queen: Peso entre 400-500 g.
- Príncipe: Peso entre 300-400 g.
- 12 A: Frutas con 1-2 manchas que tienen peso de 250-300 g.
- 12 B: peso inferior a 250 g.

#### 2.3.1.4 Almacenamiento.

Para un almacenamiento total de dos meses, la fruta es colocada en cuartos de refrigeramiento a 5 °C. No obstante, si se desea almacenar por un período superior al indicado, se sugiere almacenar a 10 °C para evitar los daños por frío (Kader 2002a). Igualmente, autores como Elyatem y Kader (1984), señalan que otro problema postcosecha que limita el almacenamiento de la granada es la pérdida de agua, de ahí que se recomienda que los cuartos de almacenamiento conserven una humedad relativa de 90-95%, lo cual se fortalece envolviendo la fruta con bolsa de polietileno o ceras que evitan la deshidratación de la fruta.

Nuevos estudios realizados por Kader y Hess-Pierce (2003) sugieren que se puede almacenar la fruta hasta por 20 semanas (5 meses), suministrando temperaturas a 7,5 °C y atmósferas controladas de 5 Kpa O<sub>2</sub> y 15 Kpa CO<sub>2</sub>.

#### 2.3.1.5 Desórdenes fisiológicos y enfermedades en la etapa postcosecha.

Como señala Elyatem y Kader (1984), las principales fisiopatías que afecta esta fruta específicamente se deben a daño por quema de sol, agrietamiento o rompimiento de la cáscara y daño por frío. Con respecto a las dos primeras, su incidencia provoca que la fruta no pueda ser utilizada para el mercado fresco, por lo que debe utilizarse solamente para la elaboración de subproductos industriales.

a) Daño por frío (chilling injury): Externamente se observa una coloración parda de la cáscara (Figura 4 A). A nivel interno se observa la misma coloración en los arilos (la pulpa

que rodea la semilla) y las membranas que agrupan al conjunto de arilos (Crisosto *et al.* 2009a).

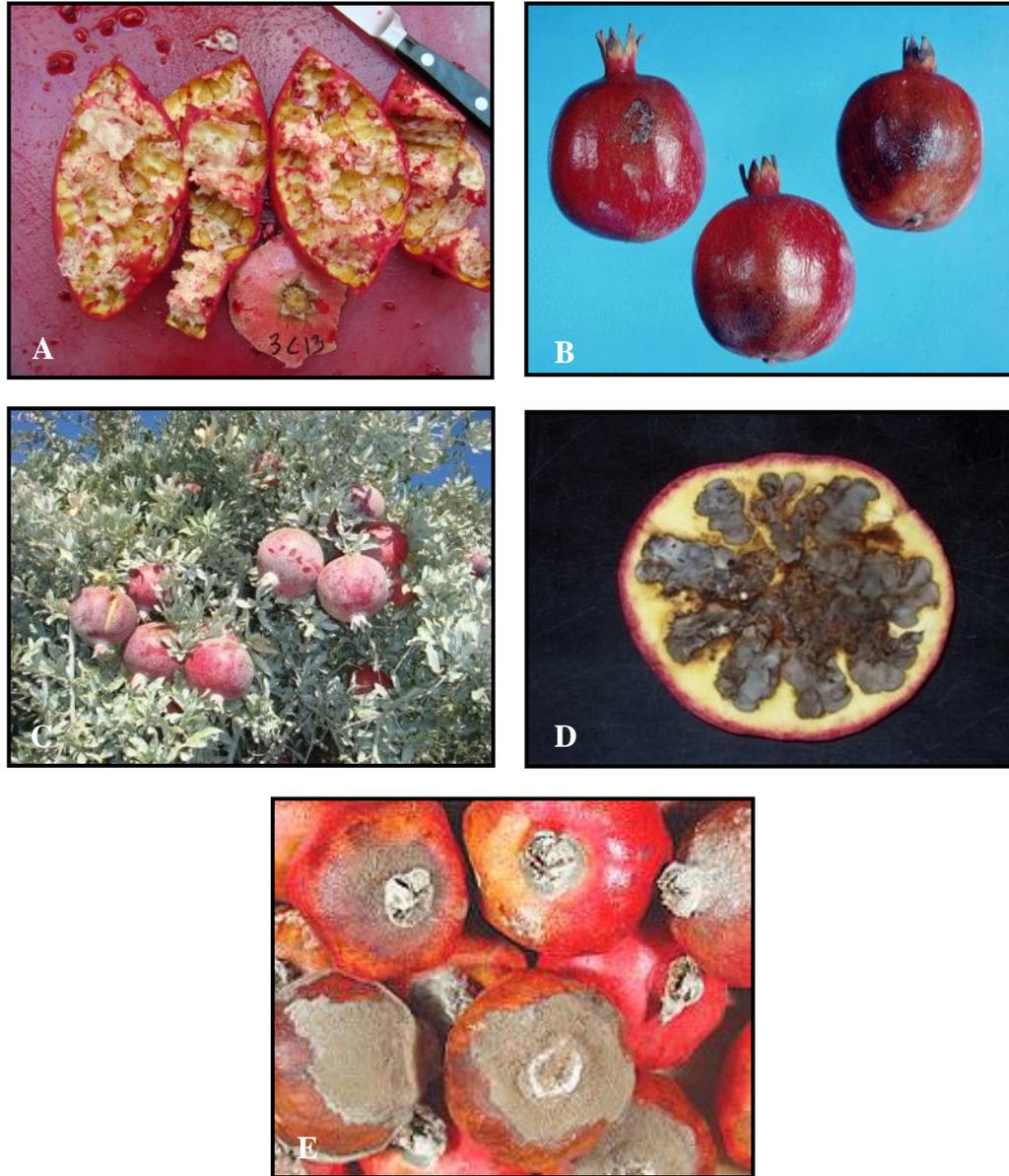
Ésta fisiopatía se manifiesta cuando las granadas se mantienen a temperaturas entre el punto de congelamiento  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $26,6\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) y  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $41\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) por más de un mes, o a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $41\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) por más de dos meses (Crisosto *et al.* 2009a).

b) Quema de sol (sunburn): Machas de color negro en la cáscara del frutos expuestos a la luz del sol durante un tiempo prolongado (Figura 4 B) (Crisosto *et al.* 2009a).

c) Agrietamiento de los frutos (cracking): Se producen por exceso de riego en las plantaciones, causando desequilibrios hídricos en la planta que provoca el rompimiento de las cáscara y la visibilidad externa de los arilos (Figura 4 C) (Crisosto *et al.* 2009a).

d). Alternaria alternata: Los síntomas internos consisten en una putrefacción negra del corazón de la fruta (Figura 4 D) (Palou *et al.* 2007).

e) Moho gris (Botrytis cinerea): Este hongo infecta desde los estados iniciales de floración. A nivel postcosecha el daño inicia en la corona y posteriormente se expande a través de la cutícula de las cáscara (Figura 4 E) (Palou *et al.* 2007).



Fuente: Crisosto *et al.* 2009a (B, D y E), Villalobos L, 2009 (Ay C).

**Figura 4.** Desórdenes fisiológicos y enfermedades que inciden en la granada (*Punica granatum*) durante el manejo postcosecha del mismo. **A.** Daño por frío. **B.** Quema de sol. **C.** Agrietamientos en el fruto. **D.** *Alternaria alternata* **E.** Moho gris (*Botrytis cinerea*).

### **2.3.2 Mango (*Mangifera indica*).**

El mango es una fruta tropical perteneciente a la familia Anacardiácea, originario de la India. A nivel mundial existen 90 países productores potenciales. Con respecto a esto, cabe destacar que el continente asiático satisface el 77% de la producción mundial, seguido por América que suple un 13% y África con un 9% (Evans 2008).

Estados Unidos, por su condiciones climáticas no es un productor en potencial, en algunos estados como Florida y California se cultivan algunas variedades, no obstante los mismos no satisfacen la demanda total de su población. Es por esta razón, que la mayoría de la producción se importa a otros países, tales como Brazil, Ecuador, México, Perú y Haití (Evans 2008).

En referencia al comportamiento de importaciones en otros continentes, el en oeste de Asia, los principales países oferentes son India y Pakistán, ya que Filipina y Tailandia suplen el sur del continente asiático. Con respecto a Europa, países de América de Sur, Asia y Costa Rica en Centroamerica satisfacen la demanda de esta fruta tropical (Evans 2008)

#### **2.3.2.1 Época de cosecha en mango.**

Generalmente los árboles de mango producen su primera cosecha al tercer año. Sin embargo, es normal que empiecen a producir a partir del cuarto año (Proexant 2008). La maduración para el consumo generalmente no se da en el árbol; ya que una vez cosechado, la fruta madura y desarrolla características organolépticas para su consumo (Baraona y Sancho 1991).

Aunque la determinación exacta de la época de cosecha es difícil de establecer, ya que es necesario realizar observaciones continuas sobre el comportamiento de las diferentes variedades y las condiciones climáticas del lugar en donde se ubican las plantaciones, se estima que el período desde la floración hasta el desarrollo fisiológico de la fruta, tiene una

duración de cuatro a cinco meses (Avillán *et al.* 1995, Infoagro 2008). En el Cuadro 9, se describen los parámetros o indicadores de cosecha del mango.

**Cuadro 9.** Parámetros cuantitativos para determinar el momento de cosecha del mango (*Mangifera indica*).

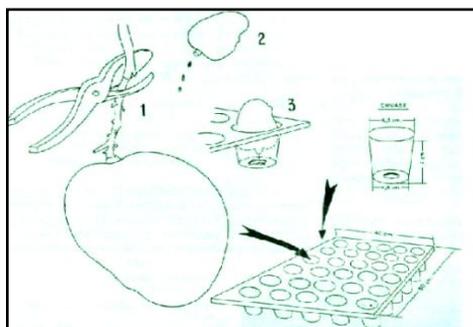
Parámetro	Intervalo de consumo	Rango óptimo para cosecha
Sólidos solubles	Corto plazo	8-9%
	Largo plazo	10%
Peso específico.	Corto plazo	1-1,02
	Largo plazo	1,02-1,04

Fuente: Kader 2008.

### 2.3.2.2 Método de recolección.

La recolección de esta fruta climatérica se realiza manualmente, mediante la corta del pedúnculo con la ayuda de una tijera; las dimensiones del mismo varían según los estándares de calidad del país importador. En el caso de los Estados Unidos se permite hasta 2,54 cm y para Europa dicha longitud se limita a un centímetro (Kader 2008).

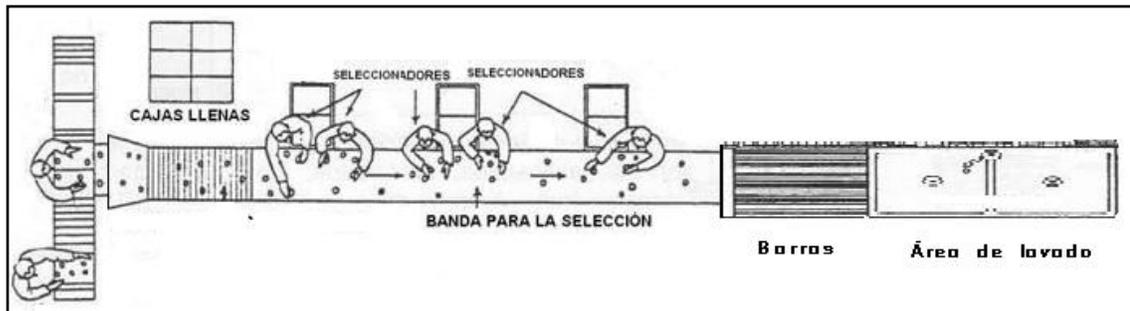
Inmediatamente momentos después de la corta del pedúnculo, se efectúa la técnica del deslechado, la cual consiste en colocar la fruta con el pedúnculo hacia abajo durante 30 minutos (Mora *et al.* 2002) (Figura 5). Dicha técnica se efectúa con la finalidad de que el látex liberado al cortar el pedúnculo no manche o queme la fruta durante el proceso de la cosecha. Según Marín (1999), se estima que en Costa Rica las pérdidas postcosecha debido a la quema por látex son superiores al 30%, de ahí la importancia de efectuar adecuadamente este procedimiento durante la cosecha.



**Figura 5.** Técnica del deslechado en el cultivo de mango (*Mangifera indica*). (Según Avillán *et al.* 1995).

### 2.3.2.3 Selección de la fruta.

La fruta es seleccionada, momentos después de haber sido lavada en una solución de agua clorada (100 ppm), que mediante el uso de bandas transportadoras la misma es desplazada hasta la zona de selección (Figura 6). Personal capacitado retira toda aquella fruta que presenta deformaciones físicas, daños por quema de látex, antracnosis e insectos; generalmente mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua* y *Ceratitis capitata*), escamas, trips y minador (*Lyriomiza* sp.) (Montero y Cerdas 2000).



**Figura 6.** Banda de selección de la fruta de mango (*Mangifera indica*).

### 2.3.2.4 Tratamientos cuarentenarios.

Para disminuir la incidencia de las principales enfermedades postcosecha que afectan el mango como lo es, la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y Diplodia (*Lasiodiplodia theobromae*), la fruta es sumergida durante cinco minutos en agua caliente a 55 °C a excepción de la variedad Tommy Atkins, ya que dicho tratamiento térmico se recomienda efectuar a una temperatura de 52 °C, debido a que la cáscara de ésta variedad es muy delicada y susceptible al daño por calor (Kader 2002b y Proexant 2008).

En algunas plantas de empaque, esta técnica se retroalimenta mediante la aplicación de fungicidas una vez de realizado el tratamiento térmico. En Costa Rica, Montero y Cerdas (2000) y Mora *et al.* (2002) recomiendan la utilización de prochloraz a una concentración de 500 mg/l de ingrediente activo.

Otro tratamiento hidrotérmico que se suele realizarse, es el efectuado para controlar los estadios iniciales de la mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua* y *Ceratitis capitata*), este consiste en sumergir la fruta en agua caliente a 46 °C durante 90 minutos. Dicha técnica es obligatoria para aquellos países que exportan fruta a países como Japón, Chile, Estados Unidos y Nueva Zelanda (Montero y Cerdas 2000, Infoagro 2008).

### 2.3.2.5 Clasificación y empaque.

Generalmente la fruta es clasificada por máquinas o balanzas especializadas en el centro de acopio o planta de empaque. Los tamaños en los que se clasifica la fruta varían según el país productor, no obstante dichas categorías de clasificación se han generalizado para los países exportadores a Europa, en donde el peso mínimo de la fruta no debe ser inferior a los 200 g ni superior a los 800 g por unidad. Dichas categorías se describen en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Clasificación por tamaño de frutas de mango (*Mangifera indica*) para la exportación a países europeos.

Categoría	Rango de peso (g)	Máxima variabilidad por empaque (g)
A	200- 350	75
B	351- 550	100
C	551-800	125

Fuente: Kader 2008.

Caso contrario sucede con los Estados Unidos, en donde las regulaciones de tamaño no están incluidas en los estándares de clasificación de este país (Kader 2008).

Con respecto a los estándares mexicanos incluyen trece categorías de tamaños que oscilan de seis a 44 frutas empacadas en cajas de 4,536 kg con peso promedio de fruta de 756 a 103 g (Kader 2008).

Los estándares de mango peruanos tienen doce categorías de tamaño oscilando de cuatro a 20 frutas empacadas en cajas de cuatro kilogramos con pesos promedio de 1000 a 200 g (Kader 2008).

Con respecto a Costa Rica, la empresa Coonaprosal R.L empaqa la fruta en cajas de 4,2 kg, la cantidad de frutas contenidas en la misma varía de cinco a catorce unidades (Coonaprosal 2008).

#### 2.3.2.5 Almacenamiento.

Según Proexant (2008), se practican dos tipos de almacenamiento diferentes, el primero de ellos se efectúa momentos después de que la fruta ha sido previamente desinfectada mediante el tratamiento hidrotérmico, clasificación y empaque. Básicamente ésta práctica se ejecuta, con la finalidad de disminuir la temperatura interna o corporal de la fruta momentos antes de que sea almacenada en los contenedores que se utilizan en el transporte marítimo, debido a que estos no cuentan con la capacidad suficiente de frío para retirar rápidamente la temperatura natural que posee la fruta en ese momento.

Mediante el procedimiento de preenfriamiento, el cual se realiza a temperaturas de diez a 12 °C, se logra disminuir considerablemente la actividad respiratoria del fruto, lo cual permite controlar las demás actividades bioquímicas, evitando con ello la maduración prematura y las pérdidas visuales de calidad subsecuente a una alta actividad respiratoria (Proexact 2008). Para llevar acabo dicha metodología se debe contar con cuartos de refrigeración que poseen adicionalmente ventiladores, los cuales permiten reducir rápidamente la temperatura deseada del fruto previo a su almacenamiento en los contenedores de transporte.

Posteriormente, el otro tipo de almacenamiento implementado, es el refrigerado; utilizado desde el momento en que el fruto es colocado en los contenedores y hasta que el mismo llega a las manos del consumidor. Según Kader (2002b) la temperatura de conservación de los mangos debe intermediar entre diez a 15 °C, humedad relativa de 90-95% y atmósferas controladas con 3-7% Oxígeno (O<sub>2</sub>) y 5-8% dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para un período máximo de almacenamiento de 14- 21 días.

#### 2.3.2.6 Transporte.

Kader (2008), señala que el transporte suele, frecuentemente realizarse de forma marítima, sin embargo cuando se exporta en pequeña escala se realiza de forma aérea.

#### 2.3.2.7 Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha.

Las principales fisiopatías o daños fisiológicos de la fruta de mango, se deben ha inapropiados procedimientos efectuados durante la cosecha de la fruta y posteriormente en las diferentes tareas de selección, empaque, almacenamiento y transporte de la misma. Es por ello importante, conocer los adecuados intervalos de temperatura y humedad óptimos para el almacenamiento de esta fruta tropical, así como las condiciones ideales para efectuar los tratamientos cuarentenarios (Kader 2002b).

Kader (2002b), considera que las principales desórdenes fisiológicos que inciden en las frutas durante el período postcosecha, lo constituyen la quema de látex, abrasiones, daño por frío y por calor. Descibiéndolos seguidamente.

a. Quema por látex: Mancha negruzca sobre la cáscara, la misma es provocada por el exudado lechoso producido al cortar el pedúnculo durante la cosecha de la fruta (Figura 7 A).

b. Abrasiones: Cortaduras y heridas que sufre la fruta al roce con otras durante el transporte y demás actividades involucradas después de su cosecha en el campo.

c. Daño por frío: Producido cuando la fruta es almacenada por un largo período a temperaturas inferiores a 12 °C. Se caracteriza por provocar una coloración grisácea en la cáscara, maduración heterogénea, pobre color y sabor de la fruta y en caso extremo genera pardeamiento de la pulpa (Figura 7 B).

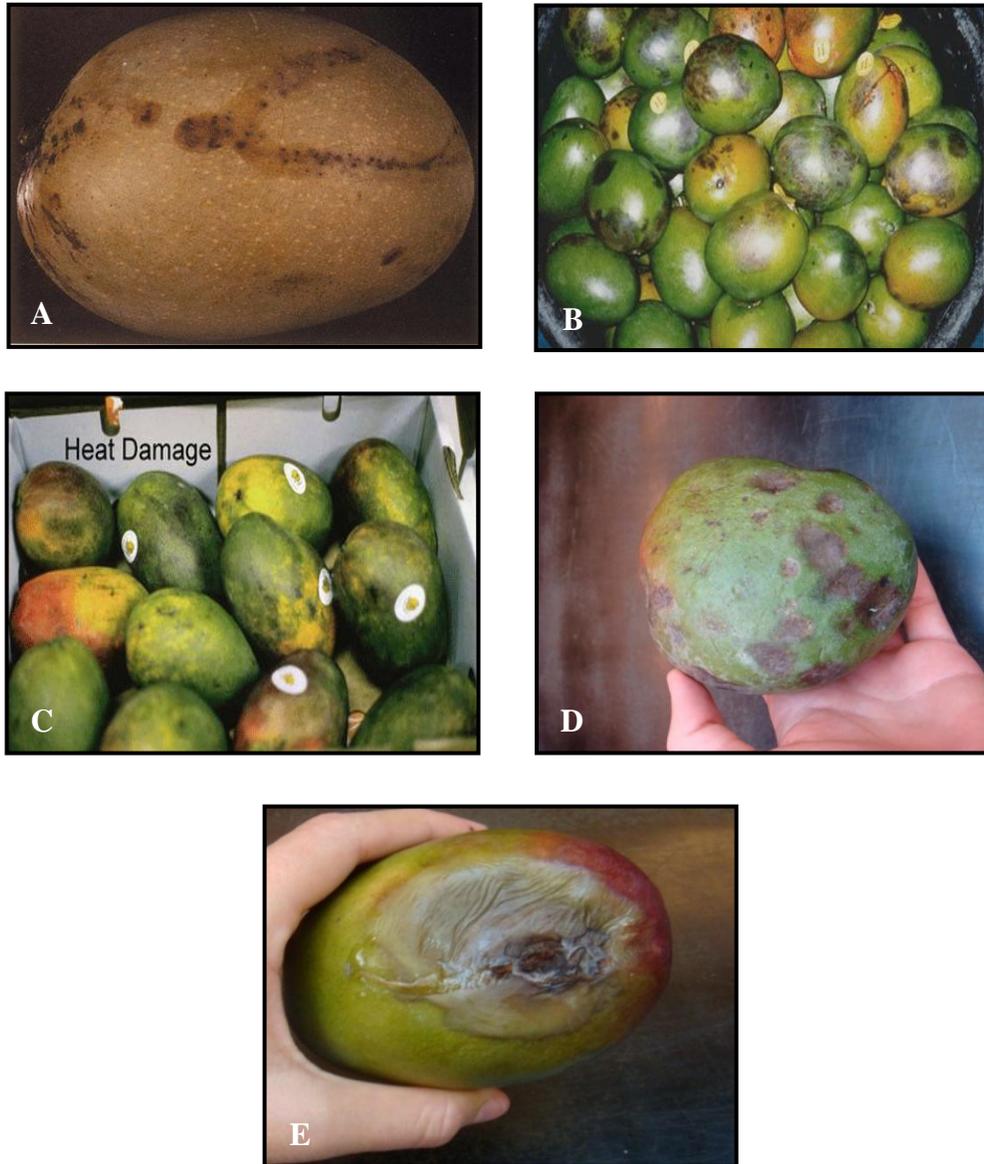
d. Daño por calor: Provocado cuando la fruta es expuesta a temperaturas de almacenamiento superiores a los 30 °C por más de diez días. Generalmente la misma

incrementa cuando la fruta es sumergida por más de 65-90 min en agua caliente a 46,4 °C para tratamientos cuarentenarios (Figura 7 C).

Por otro lado, Kader (2002b), Arias y Carrizales (2007), consideran que los principales problemas patológicos que inciden en la etapa postcosecha y tienden a devaluar la calidad comercial del mango (*Mangifera indica*), son los siguientes:

a. Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*): Generalmente la espora de este hongo Deuteromicete se encuentra latente en fruta inmadura y esta empieza a desarrollarse conforme los mangos comienzan a madurar. Las manchas se caracterizan por ser de color pardo-negruzcas y las mismas se identifican fácilmente porque tienden a generar un hundimiento en la cáscara (Figura 7 D). En algunas ocasiones, el hongo sobrepasa la cáscara y provoca coloraciones pardas en la pulpa.

b. Pudrición del pedúnculo por Diplodia (*Lasiodiplodia theobromae*): Pudriciones alrededor del pedúnculo debido al daños por el hongo *Lasiodiplodia theobromae*. Dichas pudriciones se caracterizan por ser de color café y con apariencia acuosa (Figura 7 E).



Fuente: Kader 2002b (A, B y C) y Villalobos, L (D y E) 2009.

**Figura 7.** Síntomas ocasionados en la fruta debido a la incidencia de desórdenes fisiológicos y patológicos durante el manejo postcosecha del mango (*Mangifera indica*). **A.** Quema de látex. **B.** Daño por frío. **C.** Daño por calor. **D.** Antracnosis. **E.** Pudrición del pedúnculo por *Diplodia*.

### 2.3.3 Manzana (*Malus sp.*).

Las manzana pertenecen al grupo de las Rosáceas, a las cuales también pertenecen otros frutales subtropicales tales como la pera (*Pyrus sp.*), cereza (*Prunus avium*), ciruela (*Prunus domestica*), melocotón o durazno (*Prunus persica*), albaricoque (*Prunus armeniaca*) y nectarina (*Prunus persica var nectarina*). El origen de ésta fruta subtropical no está claro, no obstante se cree que proviene de Europa entre el Mar Caspio y el Mar Negro, siendo traída por los europeos a los Estados Unidos (Harris *et al.* 2007).

Actualmente alrededor del mundo se cultivan 7.500 variedades; cultivadas solamente 2.500 en los Estados Unidos, de las cuales 100 son plantadas comercialmente, siendo estas producidas por 36 estados, de los cuales Washington, New York, Michigan, California, Pensilvania y Virginia constituyen los mayores productores (Asociación de Productores de Manzanas en California 2008).

Según la Asociación de Productores de Manzanas de California (2008), los mayores productores son China, Estados Unidos, Turquía, Polonia e Italia. Pero, ésta fruta subtropical también es cultivada por otros países, tales como México, Argentina, Brasil, Chile, España, Francia, Rusia, Alemania, Canadá, Nueva Zelanda, Irán, India, Bélgica y Marruecos (USDA 2007).

En los Estados Unidos las variedades con más demanda son Red Delicious, Golden Delicious, Fuji, Gala y Granny Smith, por lo que se ha hecho énfasis en el manejo postcosecha de las mismas (Asociación de Productores de Manzanas en California 2008).

#### 2.3.3.1 Época de cosecha para manzana.

Este frutal tiene su primera cosecha a partir del cuarto o quinto año. Normalmente la floración inicia en la primavera y la cosecha se efectúa en el otoño (Asociación de productores de manzanas en California 2008).

Para determinar el momento óptimo de la cosecha, en esta fruta subtropical comúnmente se basa en los días totales desde la floración, así como las escalas de color tanto interno como externo del fruto, porcentaje de almidón en el fruto, firmeza, contenido de sólidos solubles totales y acidez. Es importante recalcar que los valores óptimos a esperar de dichos parámetros de índice de corta para esta fruta climatérica varían según el cultivar (Matzinger y Tong 2008).

Para el caso de las variedades Gala y Fuji, se recomienda efectuar la cosecha alrededor de los 180-190 días después de la floración, para disminuir la incidencia de problemas patológicos tales como partiduras de la piel y pardeamientos internos. Otro parámetro utilizado es el cambio de coloración de las cáscara de verde a verde claro o blanco (Mitcham *et al.* 2002).

Con respecto a la variedad Golden Delicious, se acostumbra efectuar la cosecha a los 135-150 días después de la floración, cuando la fruta cambia su coloración externa de verde oscuro a verde claro y posee valores de 17 lbs-fuerza de firmeza con un 20 a 40% de pulpa libre de almidón (Mitcham *et al.* 2002).

Mitcham *et al.* (2002), recomienda que la variedad Granny Smith debe ser cosechada, cuando el promedio de índice de almidón de una muestra de 30 frutas es equivalente a 2,5 de la escala de almidón que va de uno a seis. Esta técnica se efectúa determinando la intensidad de coloración púrpura o azul que sufren los frutos al ser sumergidos en una disolución de yodo. Igualmente las frutas deben poseer 12% de sólidos solubles totales y un porcentaje de acidez equivalente o inferior a 0,75%.

La manzana Red Delicious necesita presentar 18 lbs-fuerza de firmeza y corazón sin almidón para ser cosechada (Mitcham *et al.* 2002).

#### 2.3.3.2 Método de recolección.

Matzinger y Tong (2008), indican que el método de recolección de la manzana, es igual al señalado para la pera (*Pyrus* sp.); debido a que la cosecha se efectúa manualmente mediante la ayuda de escaleras y en algunas ocasiones se utilizan tijeras para extraer el fruto. Posteriormente la fruta es colocada en bolsos de lona, las cuales se sujetan al cuerpo del cosechador, una vez de que estos son llenados en su totalidad, se procede a vaciar el total de la fruta en cajas plásticas de polietileno que son transportadas hasta la planta de empaque con ayuda de tractores.

#### 2.3.3.4 Tratamientos utilizados en la prevención de enfermedades.

Al igual que la pera (*Pyrus* sp.), los principales problemas patológicos que afectan a la manzana (*Malus* sp.) en la etapa postcosecha son el moho gris y azul, por lo que se utilizan los mismos fungicidas señalados anteriormente en el apartado de la pera (Matzinger y Tong 2008).

Para prologar la vida postcosecha de las manzanas se recomienda aplicar el antioxidante DPA (Difenilomine), el cual se ha comprobado científicamente que reduce la incidencia de escaldadura (scald) y mancha amarga (bitter pit), consideradas como los principales problemas fisiológicos que afectan ésta fruta subtropical durante el almacenamiento y comercialización Kupferman y Gutzwiler (2002), recomiendan la utilización de 2000 ppm para las variedades Red Delicious, Fuji, Gala y Golden Delicious, con respecto a la variedad Granny Smith, se recomienda 2200 ppm.

#### 2.3.3.5 Clasificación y empaque.

El procedimiento es el mismo que el indicado para la pera (*Pyrus* sp.).

#### 2.3.3.6 Almacenamiento y transporte.

La temperatura de almacenamiento y transporte recomendada para los cultivares Fuji, Gala, Golden Delicious y Red Delicious es de 0 °C – 1 °C, a diferencia de la variedad Granny Smith en donde se sugieren temperaturas de almacenamiento de 0,5 °C, debido a

que algunas investigaciones han reportado que a una temperatura de 0 °C tiende a ocasionar daños por frío.

Para evitar la deshidratación, la cual se evidencia con una pérdida de firmeza y arrugamiento de la fruta, afectando con ello su calidad externa, se recomienda, en la etapa de almacenamiento, mantener la humedad relativa de 90-95% en todas la variedades, en especial para la Golden Delicious que es más susceptible a presentar dicho problema fisiológico (Mitcham *et al.* 2002).

Con la finalidad de ampliar la vida postcosecha de la manzana (*Malus sp.*) autores como Kupferman (2001b), Kader (2002a), Mitcham *et al.* (2002) recomiendan la utilización de atmósferas controladas para regular la tasa de respiración, producción de etileno y disminuir la incidencia de desórdenes fisiológicos y patológicos. No obstante, las concentraciones toleradas de oxígeno y dióxido de carbono por esta fruta varían según la variedad, siendo más susceptibles al daño por dióxido de carbono las variedades Fuji y Granny Smith (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Atmósferas controladas ideales para diferentes cultivares de manzana (*Malus sp.*) almacenadas a temperaturas de 0 °C – 1 °C y 90-95% de humedad relativa.

Cultivar	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Duración (meses)
Fuji	1,5 – 2,0	-0,5	8
Gala	1,5 – 2,0	1,0 – 2,0	4-5
Golden Delicious	1,0 – 3,0	1,5 – 3,0	10
Granny Smith	1,5	1,0	
Red Delicious	1,0 – 2,0	2,0 – 4,0	10

Fuente: Mitcham *et al.* 2002 y Kupferman 2001b.

#### 2.3.3.7 Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha.

Las principales fisiopatías que afectan a las manzana (*Malus sp.*) son la escaldadura (storage scald), picado amargo (bitter pit), pardeamiento interno (internal browning),

arrugamiento (shrive), partiduras de la piel (skin cracking) y corazón acuoso (watercore) (Mitcham *et al.* 2002, Matzinger y Tong 2008).

El moho gris y azul, junto con el mucor se consideran los fundamentales problemas patológicos que inciden sobre ésta fruta en la etapa postcosecha (Mitcham *et al.* 2002, Matzinger y Tong 2008).

a) Escaldadura (scald): El síntoma se presenta con una coloración café en la cáscara, el daño no llega a sobrepasar la pulpa (Figura 8 A-B). Al igual que la pera, los signos se detectan hasta el momento en donde las manzanas son expuestas a temperaturas superiores para inducir su maduración. La coloración es usualmente irregular en tamaño variando de café claro a café oscuro (Mitcham *et al.* 2002, Jones *et al.* 2007).

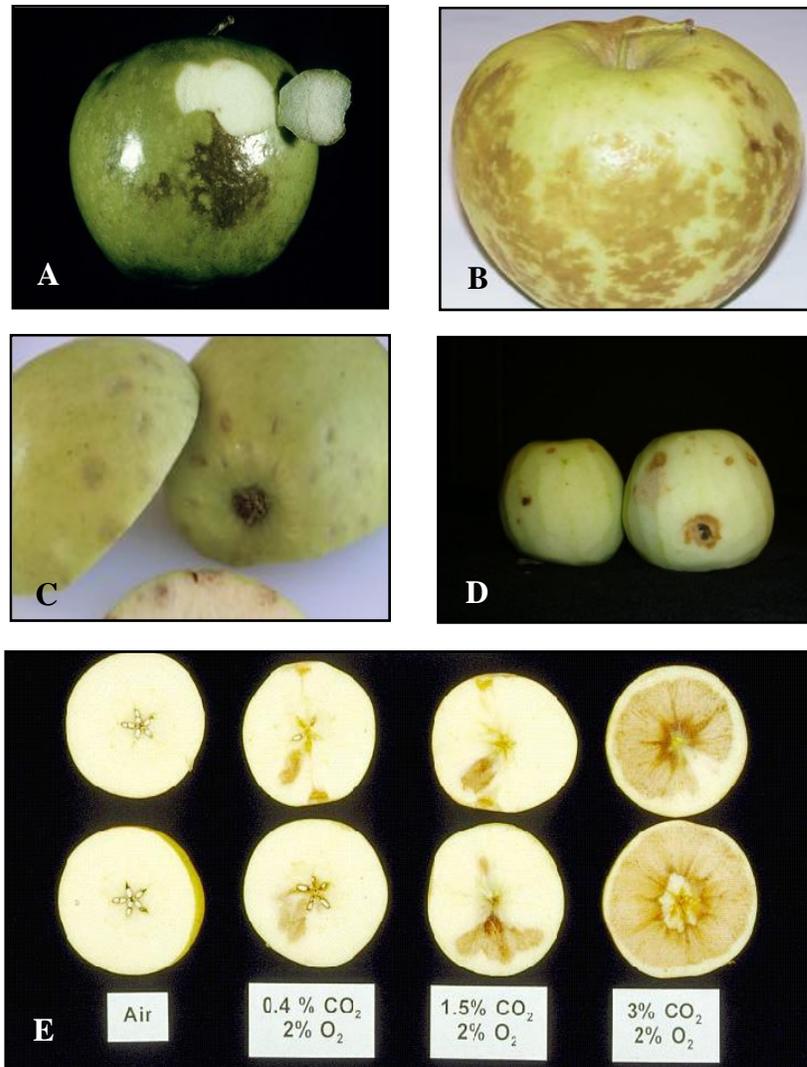
Según Kupferman (2001a), las variedades que tienden a presentar en menor incidencia éste daño son Granny Smith y Red Delicious, con tolerancia moderada Rome Beauty y las variedades más susceptibles son Fuji, Gala, Golden Delicious, Braeburn, McIntosh y Spartan.

b) Picado o mancha amarga (bitter pit): Este desorden fisiológico ha significado un verdadero problema en muchos de los cultivares de manzana plantados alrededor del mundo. Diferentes investigadores han señalado que su origen se debe a deficiencias nutricionales en la planta, especialmente relacionado con carencias de calcio, excesos de nitrógeno y potasio (Mitcham *et al.* 2002, Jones *et al.* 2007, Matzinger y Tong 2008).

Sus síntomas se caracterizan por generar manchas de color café en la cáscara, las cuales se desarrollan a través de la región ecuatorial que abarca desde la zona del cáliz hasta completar una altura de expansión equivalente a la mitad de la fruta, dichas manchas o pringues llegan a afectar la pulpa (Figura 8 C-D) (Retamales y Valdés 2000, Mitcham *et al.* 2002 y Jones *et al.* 2007).

c) Pardeamiento interno (internal browning): Esta fisiopatía es generada por problemas de intolerancia a elevadas concentraciones de dióxido de carbono, cuando la fruta es almacenada utilizando atmósferas controladas. Siendo las variedades Fuji y Granny Smith las más propensas a presentar dichos problemas fisiológico. Autores como Mitcham *et al.* (2002) han observado como cultivares de Fuji cosechados con más de 180 días de floración tienden hacer afectados, por lo que se sugiere no aplicar dicha tecnología, bajo la condiciones mencionadas.

Además del pardeamiento interno que sufre el fruto, otros síntomas asociados son la presencia de cavidades en la pulpa, así como sabores desagradables al consumir el producto, debido a la actividad fermentativa (altas concentraciones de acetaldehído y etanol) en la que se expone el fruto (Figura 8 E) (Mitcham *et al.* 2002).



Fuente: Mitcham *et al.* 2002 (A y E), Jones *et al.* 2007 (B y C) y Villalobos, L. 2009 (D).

**Figura 8.** Desórdenes fisiológicos en manzana (*Malus* sp.). **A.** Escaldadura de almacenamiento en Granny Smith. **B.** Escaldadura de senescencia en Golden Delicious. **C.** Daño externo del picado amargo en Granny Smith. **D.** Daño interno del picado amargo en manzana variedad Granny Smith. **E.** Pardeamiento interno en manzana Fuji almacenadas durante 4 meses a 0,5 °C a diferentes atmósferas controladas.

d) Corazón acuoso (watercore): Este daño es ocasionado por la acumulación de sorbitol en los espacios intercelulares de los tejidos que componen la pulpa (Figura 9 A-B). El sorbitol es un carbohidrato que es translocado del árbol al fruto, el cual debe ser convertido en fructuosa por la fruta para que no se manifieste el problema. No obstante, el daño también se manifiesta externamente mediante la aparición de machas o parches oscuros sobre la fruta (Jones *et al.* 2007).

Mitcham *et al.* (2002), afirma que las variedades cultivadas en zonas áridas o semiáridas son más propensas a sufrir este problema fisiológico. Dentro de estas variedades incluye Jonathan, Delicious, Stayman, Winesap, Granny Smith y Fuji. Esta fisiopatía también se asocia con elevados niveles de madurez en la fruta, así como la exposición del fruto a bajas temperaturas durante las noches de otoño.

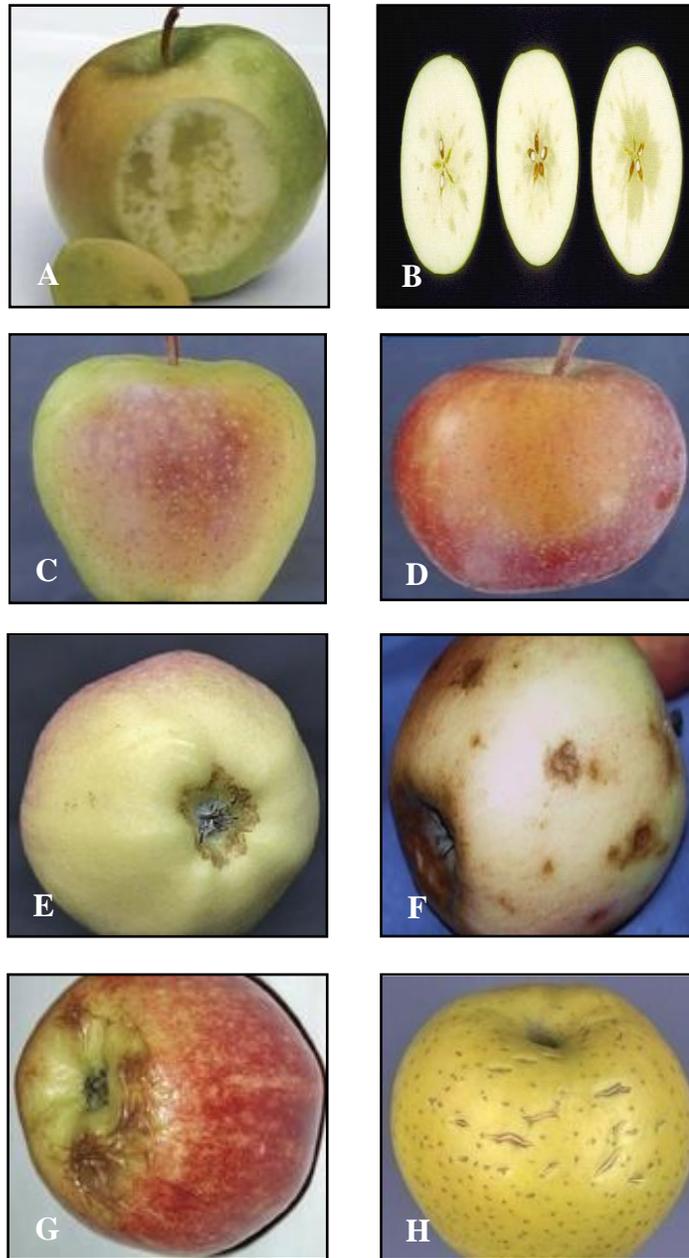
e) Quemadura por sol (sunburn): El síntoma es identificado cuando la fruta posee coloraciones amarillas y café oscuro sobre la superficie externa (Figura 9 C-D). Este desorden es inducido por la alta incidencia de radiación ultravioleta sobre el fruto, la cual ocasiona un aumento de temperatura sobre la cáscara que produce la mancha descrita. Dependiendo de la severidad del daño, el mismo también es asociado con la coloración roja de las lenticelas a través de la zona afectada (Jones *et al.* 2007).

f) Quemadura por cloro: El cloro (hipoclorito de sodio) es un desinfectante utilizado en los tanques de lavado en las plantas de empaque. Los síntomas de su daño son representados en la Figura 9 E-F. Este suele incidir cuando se aplican concentraciones muy altas del producto, generalmente cuando las concentraciones son superiores a 100 ppm (Mitcham *et al.* 2002).

La zona más propensa a sufrir la quema, es el tejido que rodea el cáliz. Sin embargo, concentraciones excesivas de cloro tienden a generar manchas café en diferentes zonas de la cáscara (Jones *et al.* 2007).

Para evitar la incidencia de este descuido, Mitcham *et al.* (2002) señalan que la concentraciones óptimas para la manzanas son de 50-100 ppm y a la vez recomienda el chequeo constante en los tanques de lavado, del nivel activo de cloro, así como las mediciones constantes del pH del agua, sugiriendo el cambio de agua en el sistema una vez al día.

g) Daños por desórdenes en el control de la humedad relativa: Inadecuados porcentajes de humedad relativa durante el almacenamiento se reflejan con el agrietamiento o arrugamiento del fruto (Figura 9 G-H). El primer síntoma se genera cuando los porcentajes de humedad relativa son superiores al 95%, ocasionando con ello un incremento de tamaño de las células, debido a que incrementan la cantidad de agua en las mismas (Johan *et al.* 2007). Por el contrario, humedades relativas inferiores al 90% durante el almacenamiento inducen pérdidas de agua, las cuales ocasionan el arrugamiento progresivo del fruto (Johan *et al.* 2007).



Fuente: Mitcham *et al.* 2002 (B) y Jones *et al.* 2007 (A, C, D, E, F, G y H).

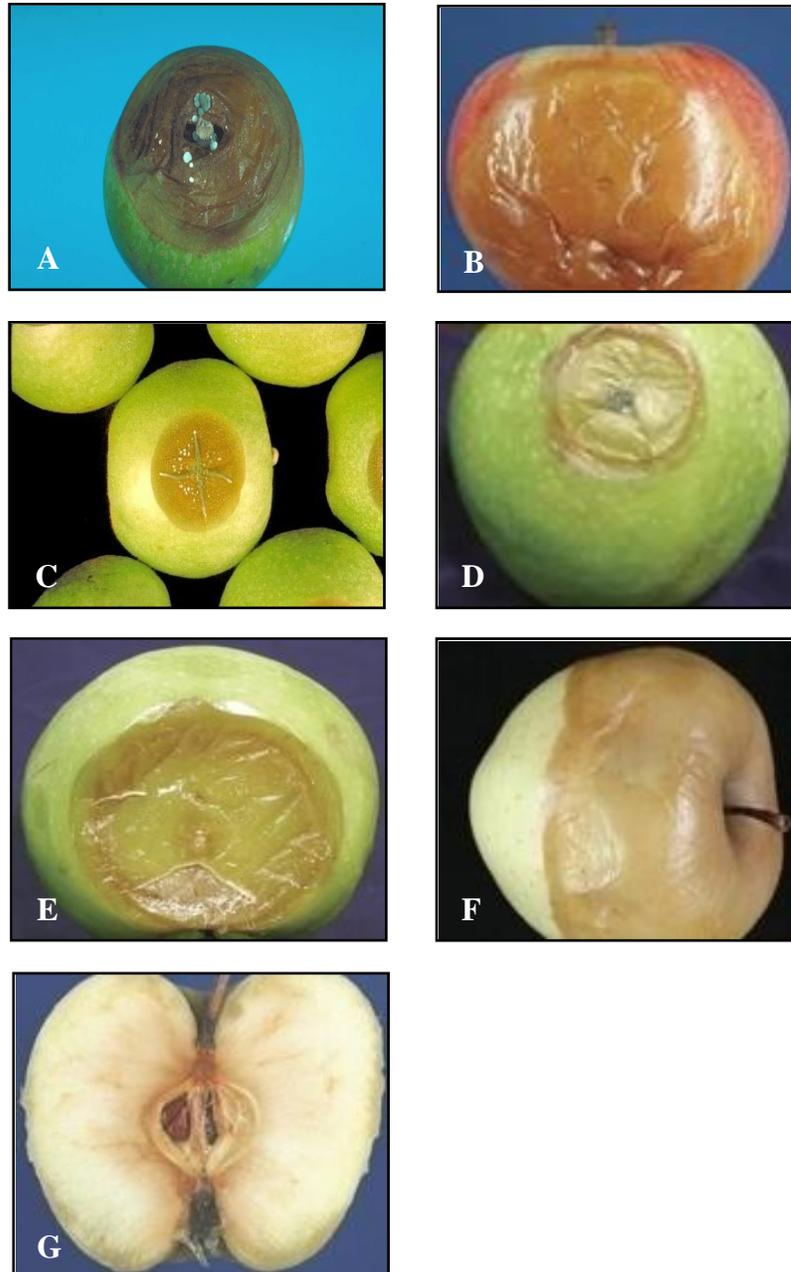
**Figura 9.** Desórdenes fisiológicos en manzana (*Malus* sp.). **A-B.** Corazón acuoso en manzana Granny Smith. **C.** Quemadura de sol en Golden Delicious. **D.** Quemadura de sol en manzana Gala. **E-F.** Quemaduras por cloro (hipoclorito de sodio) en manzana Fuji. **G-H.** Desequilibrios de humedad relativa durante el almacenamiento en manzana Gala y Golden Delicious.

h) Moho gris (*Botrytis cinerea*): Según Johan *et al.* (2007), este hongo es el responsable 20-60% de las pérdidas postcosecha de las manzana y los síntomas son semejantes a los discutidos en el caso de la pera (Figura 10 A-B).

i) Moho azul (*Penicillium expansum*): Generalmente este hongo entra por heridas, causando suavidad y acuosidad en la zona dañada (Figura 10 C-D). Se considera una enfermedad importante no solamente para el mercado fresco, sino también para la industria de subproductos, debido a que algunas sepas producen micotoxinas que dañan los jugos y jaleas (Johan *et al.* 2007).

J) Pudrición por Mucor (*Mucor piriformis*): Esta pudrición causa significativas pérdidas (Figura 10 E), pero generalmente no es un mayor problema cuando se maneja adecuadamente la fruta en las etapas postcosecha, específicamente cuando las aguas de lavado y prácticas de empaque se ejecutan bajo condiciones inocuas (Johan *et al.* 2007).

k) Pudrición por Sphaeropsis (*Sphaeropsis pyriputrescens*): Es una enfermedad postcosecha relativamente nueva en pera y manzana. Inicialmente se descubrió en pera D'Anjou, pero posteriormente se han determinado importantes pérdidas en manzana, siendo más propensas las variedades Red Delicious, Golden Delicious, Fuji, y Granny Smith (Johan *et al.* 2007). Los síntomas característicos de su incidencia tanto externa como internamente se observan en la Figura 10 F-G.



Fuente: Mitcham *et al.* 2002 (A, C y E) y Jones *et al.* 2007 (B, D, F y G).

**Figura 10.** Enfermedades postcosecha en manzana (*Malus* sp.). **A-B.** Lesiones ocasionadas por el moho gris (*Botrytis cinerea*) en manzana Granny Smith y Gala. **C-D.** Moho azul (*Penicillium expansum*) en manzana Granny Smith. **E.** Pudrición causada por *Mucor piriformis* en Golden Delicious. **F-G.** Pudrición por *Sphaeropsis* (*Sphaeropsis pyriputrescens*) en Golden Delicious.

### **2.3.4 Melocotón (*Prunus persicae*).**

El melocotón al igual que otras frutas subtropicales pertenece a la familia de las Rosáceas (Crisosto y Lurie 2005, Borris y Brunke 2006). Esta fruta subtropical es nativa de China, la literatura de este país asiático señala que su plantación inicia a 1.000 A.C. Se cree que los griegos y romanos lo introdujeron a Europa, en donde posteriormente los españoles lo introdujeron a América del Norte y Suramérica (Crisosto y Kader 2000b, Crisosto y Lurie 2005, Borris y Brunke 2006).

Su producción comercial se da en 29 estados de los Estados Unidos, siendo California, Carolina del Sur y Georgia, los estados con mayor producción a nivel nacional. A diferencia de la nectarina, la cual se genera a partir de una mutación del melocotón, esta es solamente cultivada en el estado de California (Borris y Brunke 2006).

Actualmente, a través del mundo se producen once millones de toneladas, siendo los mayores productores China, Estados Unidos e Italia en el Hemisferio Norte. No obstante, en el Hemisferio Sur los mayores productores son Chile, Suráfrica y Australia (Crisosto y Lurie 2005).

Los principales países a los cuales Estados Unidos exporta melocotón, son México, Taiwán y Canadá. Durante las épocas de déficit de producción, Estados Unidos importa el 100% de la fruta a Chile (Borris y Brunke 2006).

Con respecto al consumo per cápita por año de ésta fruta, Crisosto (2002), menciona que en comparación con otras frutas tales como manzana (16 kg) y banano (9 kg), el consumo de melocotón por parte de la población de Estados Unidos es baja (2 kg), este comportamiento es atribuido a la falta de adecuados estados de madurez (afectando con ello sabor, textura y olor) y la incidencia de desórdenes fisiológicos tales como degradación interna en la fruta, harinosidad y la falta de aroma-sabor (Crisosto *et al.* 1999, Crisosto y Valero 2006b).

#### 2.3.4.1 Época de Cosecha.

En California la cosecha temprana de melocotón inicia a mediados de mayo y la cosecha tardía finaliza en octubre (Borris y Brunke 2006). No obstante, autores como Crisosto y Lurie (2005) señalan que en el Hemisferio Norte, la cosecha es de abril a septiembre y en el Hemisferio Sur, de noviembre a marzo.

#### 2.3.4.2 Método de recolección.

El método de recolección suele efectuarse de la misma manera que en la pera y manzana.

#### 2.3.4.3 Clasificación y empaque.

Cuando la fruta llega a la planta de empaque, las cajas de plástico son sumergidos en agua para limpiar y desinfectar la fruta. Consecutivamente, personal capacitado elimina en las bandas de selección toda aquella fruta con defectos visuales (golpes, rajaduras, daño por insectos o enfermedades) y sobremadura. Posteriormente, la fruta es clasificada de acuerdo a su peso, con ayuda de romanas o balanzas en la línea de empaque, no obstante en algunas ocasiones se clasifica por las dimensiones que presenta el fruto, especialmente por el diámetro (Crisosto y Kader 2000b). Estos autores señalan que generalmente los melocotones de pulpa amarilla son empacados en cajas, cada unidad constituida por dos capas. Por el contrario, los melocotones de pulpa blanca y que han alcanzado las características de consumo en el árbol, son empacados en cajas de una sola capa.

#### 2.3.4.4 Almacenamiento y transporte.

Inmediatamente después de la cosecha, se recomienda suministrar temperaturas de almacenamiento a 20 °C, durante 48 horas subsecuentes la conservación a 0 °C, para reducir la incidencia de desórdenes fisiológicos, tales como degradación interna y harinosidad. Igualmente, se sugiere transportar la fruta a 0 °C dentro de los contenedores (Crisosto y Valero 2006b).

#### 2.3.4.5 Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha.

a) Degradación interna o daño por frío (chilling injury or internal breakdown): Considerada como la principal fisiopatía que limita la vida de almacenamiento de los melocotones y nectarinas a baja temperatura. Sus síntomas se desarrollan dentro de una a dos semanas a una temperatura de almacenamiento a 2-5 °C, cuando se almacena a 0 °C, los síntomas se empiezan a observar a la tercera semana. Es ampliamente conocido como la intensidad del daño tiende a incrementar cuando esta fruta es almacenada a temperaturas entre 2,2 °C y 7,6 °C (Figura 11 A) (Lurie 1992, Crisosto y Kader 2000b, Crisosto 2002, Crisosto y Lurie 2005).

Crisosto y Kader (2000b), Crisosto y Valero (2006b), añaden que los síntomas se caracterizan por un pardeamiento interno de la pulpa (internal breakdown or browning), harinosidad del tejido (mealiness), aparición de tintes rojos, incapacidad de maduración y pérdida de sabor. Estos síntomas se desarrollan durante la etapa de maduración, después del almacenamiento en frío, por lo que es el consumidor es él que determina la incidencia del daño.

b) Coloración negra (inking o black staining): Es un problema cosmético que solamente afecta a las nectarinas y melocotones. El síntoma suele aparecer 24-48 horas después de la cosecha, se caracterizan por presentar manchas o estrías café-negras sobre la piel (Figura 11 B) (Crisosto y Kader 2000b, Crisosto *et al.* 2009b).

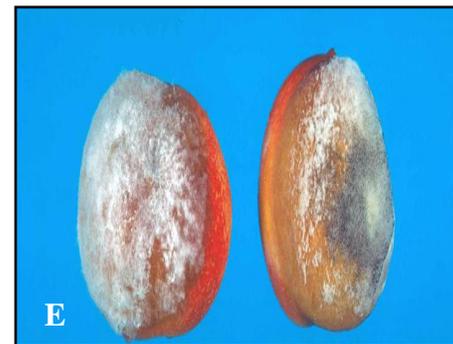
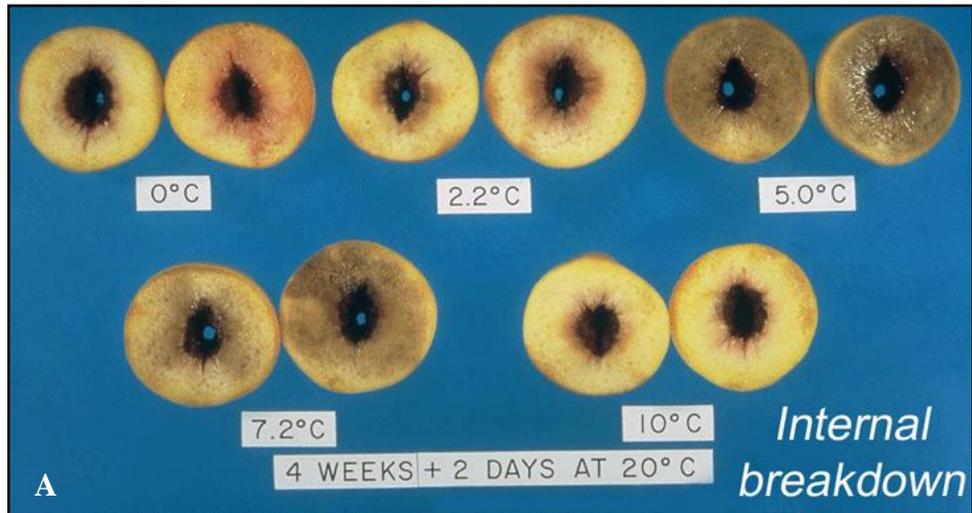
Su incidencia es el resultado del daño por abrasión durante el transporte y en combinación con la contaminación de metales pesados (hierro, cobre y aluminio). Para disminuir su incidencia se recomienda evitar las aplicación de fertilizantes foliares antes de 15 días de la cosecha y aplicación postcosecha de algún fungicida protector (Crisosto y Kader 2000b).

c) Pudrición parda (*Monilinia fructicola*): La pudrición parda es considerada como la enfermedad principal, que afecta a esta fruta a nivel postcosecha. El hongo infecta en la floración y la fruta inicia la expresión del síntoma después de la cosecha (Figura 11 C)

(Crisosto y Kader 2000b). Estos autores también sugieren mantener la sanidad de la plantación, para evitar su incidencia, así como la aplicación precosecha de fungicidas y el almacenamiento en frío inmediato a la cosecha.

d) Moho gris (*Botrytis cinerea*): Este hongo suele entrar por las heridas ocasionadas a la fruta durante la cosecha y manejo postcosecha (Figura 11 D). La mejor técnica para evitar este problema, consiste en reducir los daños mecánicos y propiciar una adecuada temperatura durante el almacenamiento (Crisosto y Kader 2000b).

e) Pudrición por *Rhizopus stolonifer*: Esta enfermedad tiende a incrementar cuando la fruta es colocada a temperaturas de maduración a 20 °C y 25 °C. Almacenar y mantener la frutas a temperaturas inferiores a los 5 °C, es una buena alternativa para detener el desarrollo de este hongo (Figura 11 E) (Crisosto y Kader 2000b).



Fuente: Crisosto *et al.* 2009b.

**Figura 11.** Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha del melocotón (*Prunus persicae*). **A.** Degradación interna ocasionada por el daño por frío. **B.** Coloración negra (inking). **C.** Daño ocasionado por el hongo *Monilinia fructicola*. **D.** Pudrición causada por el moho gris (*Botrytis cinerea*). **E.** Pudrición por *Rhizopus stolonifer*.

### 2.3.5 Pera (*Pyrus communis* y *Pyrus pyrifolia*).

Se cree que la pera es originaria de Asia central, está pertenecen a la familia de Rosácea. A nivel mundial, la misma se clasifican en dos grupos: Las especies orientales; las cuales son nativas del este y noreste de Asia y las segundas, son las especies occidentales; nativas de Europa y noroeste de Asia (Mitcham y Mitchell 2007).

En los Estados Unidos dos especies son ampliamente cultivadas; *Pyrus communis* que es nativa del Sur de Europa y Asia, siendo ésta la más cultivada para la producción comercial. La otra especie que se cultiva es *Pyrus pyrifolia*, la cual es proveniente de Asia y se cree que se originó en China y Japón, dos países que se han caracterizado en la producción extensiva de esta fruta subtropical (Mitcham y Mitchell 2007).

Se cree que el 95% de las peras que se cultiva en California son de la variedad Bartlett y el porcentaje faltante lo conforman otras variedades tales como Bosc y Stankrimson (variedades occidentales o europeas). A diferencia de otros estados tales como Washington y Oregon en donde las variedades más cultivadas son Bosc y Anjou, debido a que éstas son más adaptadas a los climas fríos. Sin embargo, las primeras también se pueden desarrollar en los climas cálidos de California (Mitcham y Mitchell 2007).

#### 2.3.5.1 Época de Cosecha.

En California, la pera solamente se cosecha en verano. Aunque, en otros estados, tales como Washiginton y Oregon se cosecha en otoño e invierno (Mitcham y Mitchell 2007).

Generalmente la pera (*Pyrus communis*) es cosechada cuando cuenta con la madurez fisiológica (estado color verde-maduro). Por ser frutas climatéricas las mismas continúan respirando; consumiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono una vez que han sido cosechadas en el campo, es por ello que se cosecha a ese índice de madurez para alargar la vida postcosecha de la fruta y sumado a que cuando alcanza la madurez de consumo en el

árbol desarrolla una textura harinosa (Kader 2007, Mitcham *et al.* 2008a, Mitcham *et al.* 2008b, Villalobos y Mitcham 2008).

Mitcham *et al.* (2008a) y Mitcham *et al.* (2008b), establece los principales parámetros de cosecha para variedades asiáticas y europeas. No obstante, se ha hecho énfasis en las últimas debido a que son las más cultivadas en los Estados Unidos.

El principal parámetro de cosecha está relacionado con la firmeza de la fruta, debido a que el ablandamiento de la pera, indica un estado avanzado de madurez, asociado a un incremento en los sólidos solubles totales, disminuye la acidez y aumenta la producción de dióxido de carbono (debido a una alta respiración celular) y etileno. Para el caso de la variedad Bartlett, el intervalo de firmeza necesario para realizar la cosecha es de 19- 22 lbs-fuerza, con valores de sólidos solubles totales de 10% a 13% respectivamente (Mitcham *et al.* 2008b).

Con respecto a otras variedades europeas, para el caso de Anjou, se recomienda una firmeza de 15-10 lbs-fuerza, Bosc de 16-11 lbs-fuerza y Comice de 13-9 lbs-fuerza (Mitcham *et al.* 2008a).

#### 2.3.5.2. Método de recolección.

Las peras son cosechadas manualmente mediante la ayuda de escaleras y tijeras, con la utilización de estos instrumentos se facilita la labor de cosecha, debido a que es posible cosechar aquellas frutas que se encuentran en las ramas superiores del árbol. Posteriormente, la fruta es colocada en bolsos de lona, las cuales se sujetan al cuerpo del cosechador, una vez de que estos son llenados en su totalidad, se procede a vaciar el total de la fruta en cajas plásticas de polietileno que son transportadas hasta la planta de empaque con ayuda de tractores (Mitcham y Agar 2000).

#### 2.3.5.3 Tratamientos utilizados en la prevención de enfermedades.

Para controlar las principales patologías a nivel postcosecha; específicamente el moho gris y azul, se utilizan algunos fungicidas tales como: Fludioxanil (Fenilpirroles), Fenhexamida (Hidroxianilides) y Pirimetanil (Anilinopirimines) que se aplica en tanques de lavados (Sugar 2002, Mitcham y Mitchell 2007).

Actualmente para alargar la vida postcosecha de la fruta de pera, se está analizando el inhibidor de la acción del etileno denominado 1-MCP (1-metilciclopropeno). Su utilización ha sido ampliamente aprobada en diferentes frutales, ya que decrece la suavidad de la fruta, disminuye la incidencia de fisiopatías como la escaldadura (scald) y pardeamiento interno (internal breakdown), disminuye la pérdida de color del fruto (verde-amarillo), decrece la tasa respiratoria al bloquear los receptores de etileno (Watkins 2006, Mitcham y Mitchell 2007 y Villalobos y Mitcham 2008). Importante aclarar, como sugiere Villalobos (2009)<sup>5</sup>, que comercialmente el 1-MCP no es utilizado en peras, debido a que apenas está siendo estudiado por diferentes investigadores alrededor del mundo, no obstante su casa comercial recomienda para dichas pruebas experimentales, una concentración de aplicación de 300 ppb con un tiempo de exposición de 12-24 h.

#### 2.3.5.4. Clasificación y empaque.

Posterior a que la fruta de pera sea clasificada, la caja plástica que contienen la fruta recolectada en el campo, es sumergida en una disolución de agua y sales; las mismas son utilizadas para promover el flotamiento de la fruta a través de los procesos subsecuentes en la línea de empaque, de lo contrario la pera se hundiría y no podría llegar a las bandas transportadoras después de dicha etapa.

Según Mitcham y Mitchell (2007), las sales más utilizadas para lograr dicho fin son Sulfato de Sodio, Silicato de Sodio, Carbonato de Sodio y Sulfato de Calcio lignificado. Sin embargo en su utilización, es necesario tener claro que los sulfatos lignificados pueden

---

<sup>5</sup> Villalobos M. 2009. Consulta síntesis y percepción de etileno (correo electrónico). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

fermentar si un desinfectante no es utilizado en la solución, provocando un desagradable olor rápidamente, al igual que el silicato de sodio que tienden a bajar el pH y a la vez el mismo nunca puede ser mezclado con ácidos o ligninas sulfatadas. Con respecto al sulfato de sodio, el mismo es difícil de disolver al menos de que el agua sea previamente calentada y agitada posterior a la adicción de dicha sal. La solución de carbonato de sodio se ha demostrado que tiende a irritar la piel de los trabajadores. No obstante, a pesar de las desventajas que presentan dichas sales, algunas de ellas como la lignina sulfatada, ha demostrado su efectiva utilización para la prevención de las principales patologías postcosecha que afectan a las peras, como lo es el moho gris y el moho azul (Mitcham y Mitchell 2007). Posterior a la etapa de flotamiento, la fruta debe ser lavada y desinfectada con agua clorada (Hipoclorito de Sodio).

Después de la etapa de desinfección, la fruta es transportada hasta la zona de selección, en donde trabajadores capacitados retiran de la banda transportadora toda aquella fruta con defectos ya sean malformaciones, daño por insectos, patologías o fisiopatías (Mitcham y Mitchell 2007).

Subsecuentemente, la fruta es transportada hasta la zona de clasificación; la misma se efectúa de acuerdo al diámetro que presente la pera. No obstante, en algunas plantas empacadoras también se utiliza el peso, como parámetro de clasificación (Mitcham y Mitchell 2007).

Se practican cuatro métodos diferentes de empaque para el mercado fresco de la fruta: el primero de ellos consiste en colocar un total de unidades en cajas de cartón (Tight-Fill). El segundo consiste en envolver la pera con un material especial (Tissue-Wrapped). Se estima que un 30-40% de total de fruta para mercado fresco se empaqueta mediante este método; el cual permite evitar la incidencia de daños físicos en las etapas posteriores de almacenamiento y transporte. El tercero, se basa en la utilización de bandejas de plástico (Tray-Packed) en donde se coloca la fruta, y cada caja está constituida por varios niveles de la misma; esta técnica también disminuye la incidencia de daños mecánicos y la última

técnica de empaque, consiste en empaquetar la fruta en bolsas (Bags) (Mitcham y Mitchell 2007).

#### 2.3.5.5 Almacenamiento y transporte.

Una adecuada temperatura durante el almacenamiento, constituye el principal factor que ayuda a mantener la alta calidad de las peras durante el manejo postcosecha. En relación a las peras europeas, el rango de temperaturas recomendado es de -1 °C a 10 °C, este factor también juega un papel crucial en la estimulación de la biosíntesis de etileno en la subsecuente etapa de maduración. Es ampliamente conocido que algunas variedades del grupo de peras europeas necesitan primeramente una etapa de almacenamiento en frío para que posteriormente pueda madurar a temperaturas superiores (Sugar 2002, Mitcham y Mitchell 2007, Villalobos y Mitcham 2008).

Kader (2007), recomienda la utilización de atmósferas controladas durante el almacenamiento de la fruta, debido a que ésta tecnología, disminuye la pérdida de firmeza, aumento de color y de sólidos solubles totales, así como la disminución de acidez. Mediante su utilización se ha observado que disminuye la incidencia de enfermedades; especialmente las causadas por *Botrytis cinerea* y *Penicillium expansum*.

Para evitar totalmente el desarrollo de éstos hongos, se deberían exponer las frutas a atmósferas controladas con concentraciones de 1% para oxígeno y 10% de dióxido de carbono. No obstante, dichas concentraciones de dióxido de carbono no pueden ser toleradas por las peras cuando son almacenadas por largos períodos. Sin embargo, esta podría ser empleada en períodos cortos de almacenamientos (menos de un mes a -1,1 °C a 5 °C) o en la etapa de transporte de la fruta. En el Cuadro 12, se mencionan los rangos óptimos de condiciones de atmósferas modificadas para diferentes cultivares de peras europeas (Kader 2007).

**Cuadro 12.** Atmósferas controladas ideales para diferentes cultivares de pera almacenada a temperaturas de 0 °C - 1 °C y 90-95% de humedad relativa.

Cultivar	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Duración (meses)
Abate Fetel	1,0-2,0	0-1,0	4-6
Anjou	1,0-2,5	0-0,5	8-10
Bartlet	1,0-2,0	0-0,5	3-6
Bosc	1,0-2,5	0,5-1,5	5-7
Comice	1,5-4,0	0,5-4,0	5-6
Concorde	0,5-2,0	0-1,0	6-7
Conference	1,0-2,5	0,5-1,5	7-8
Forelle	1,0-2,0	0-1,5	6-7
Packham's Triumph	1,5-2,0	1,5-2,5	7-8
Winter Nelis	1,0-3,0	0-1,0	8-10

Fuente: Kader 2007.

Con respecto a las peras asiáticas, Crisosto *et al.* (2000a) y Crisosto *et al.* (2006a), recomiendan temperaturas óptimas de almacenamiento de 0 °C a 1 °C, y la utilización de atmósferas controladas, sugiriéndose concentraciones de 3-5% CO<sub>2</sub> para la variedad Nijisseiki. No obstante, para otras variedades, tales como Ya Li, se aconseja niveles inferiores a 2% CO<sub>2</sub>, debido a que concentraciones superiores tienden a inducir desórdenes fisiológicos en la fruta.

#### 2.3.5.6 Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha.

Los principales problemas fisiológicos están relacionados con la escaldadura de almacenamiento, escaldadura de senescencia y desórdenes de degradación, tales como degradación acuosa, cáliz rosa y degradación del corazón (Mitcham y Mitchell 2007).

Con respecto a los principales problemas patológicos que inciden en esta fruta en la etapa postcosecha, Sugar (2002) menciona el Moho gris (*Botrytis cinerea*) y el Moho azul (*Penicillium expansum*), como los más importantes.

a) Escaldadura de almacenamiento (storage scald): Este desorden fisiológico se caracteriza por desarrollarse durante el almacenamiento en frío, sin embargo sus síntomas llegan a ser

visibles hasta cuando la fruta se traslada a temperaturas superiores para que se efectúe o induzca la maduración de consumo. La incidencia de la misma se caracteriza por generar manchas de color café sobre la cáscara de la fruta (Figura 12 A).

Para disminuir su incidencia, Sugar (2002), Mitcham y Mitchell (2007) y Mitcham *et al.* (2008b), señalan la utilización del antioxidante etoxiquina inmediatamente después de la cosecha.

Sin embargo, otros autores como Kupfermam (1998) citado por Sugar (2002) mencionan la utilización del antioxidante DPA (Difenilamine) para inhibir el desarrollo de escaldadura en pera (*Pyrus communis*). Igualmente se menciona que controlando la atmósfera durante el almacenamiento, se podría reducir la incidencia de esta fisiopatía, especialmente cuando se induce bajas concentraciones de oxígeno, menores al 1%.

b) Encaldadura de senescencia (senescent Scald): Este problema se presenta especialmente en las peras europeas Bartlett, Bosc y Comice, debido a que las mismas pierden su poder de maduración cuando son almacenadas por largos períodos. Posteriormente de que la fruta es trasladada a temperaturas superiores para motivar la maduración de consumo, la cáscara de la fruta desarrolla una coloración amarilla, que finalmente ocasionará una coloración café-negruzca en la cáscara (Figura 12 B). Tratamientos con atmósferas controladas y con 1-MCP podrían extender la vida de almacenamiento y evitar la incidencia de este problema, al igual que el enfriamiento rápido de la fruta momentos después de la cosecha (Mitcham y Mitchell 2007).

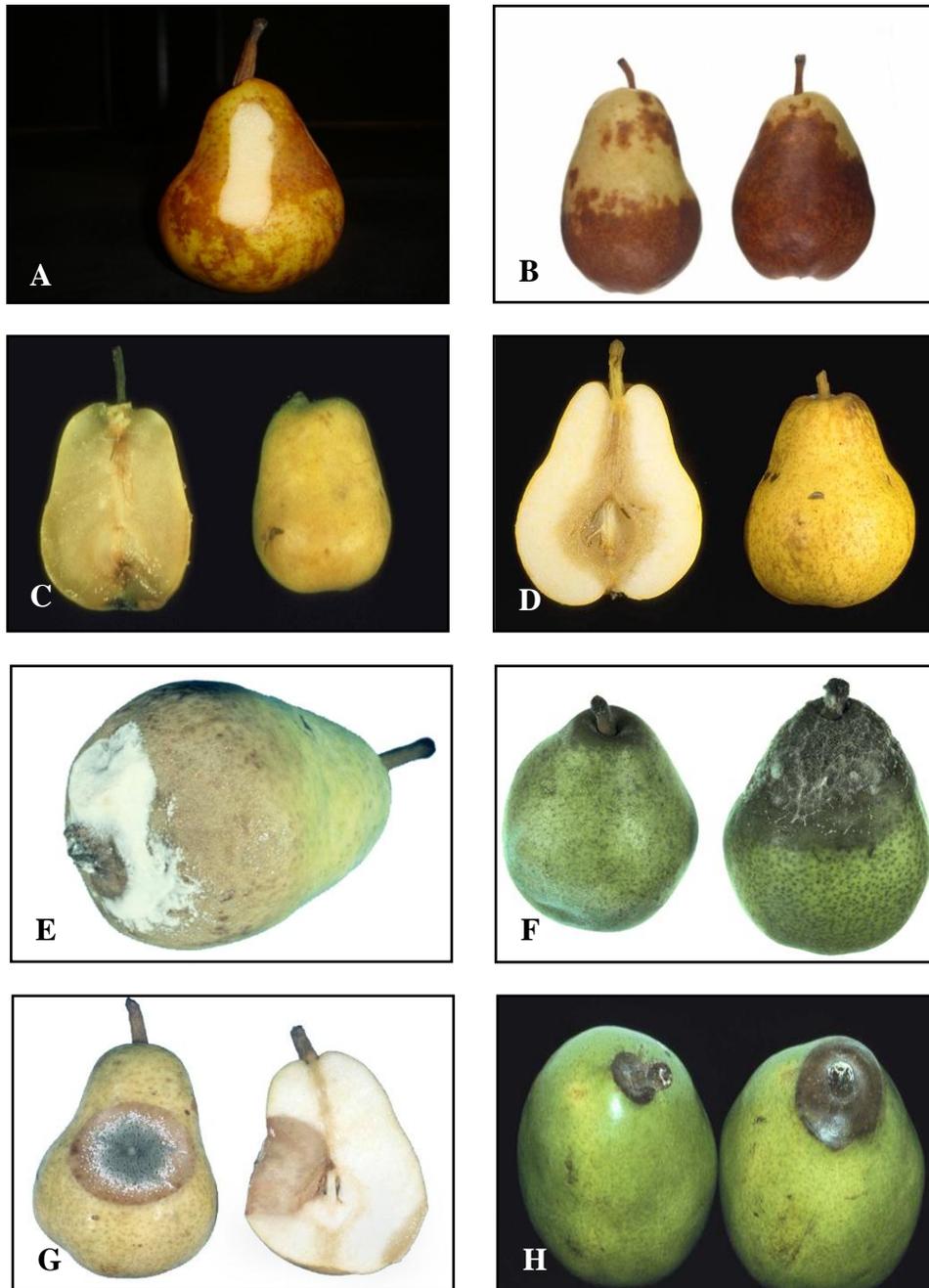
c) Desórdenes de degradación (breakdown): Este desorden fisiológico se clasifica con tres síntomas diferentes: degradación acuosa, degradación del corazón y cáliz rosa.

*La degradación acuosa (watery breakdown)*, causa severas pérdidas en la variedad europea Bartlett, es provocado por el deterioro enzimático de la pulpa (excesivo ablandamiento) que ocurre en ocasiones durante el almacenamiento, pero mayormente durante la subsecuente maduración (Figura 12 C). Un enfriamiento inmediato, eficiente y el mantenimiento de

temperaturas óptimas de -1 °C a 0 °C disminuye la incidencia de este desorden fisiológico (Mitcham *et al.* 2008b).

*La degradación del corazón (Core breakdown)*, afecta cada vez más diferentes cultivares. Se caracteriza por generar una coloración café y ablandamiento de los tejidos alrededor del corazón de la fruta (Figura 12 D). Esta puede incidir tanto a temperaturas de almacenamiento como cuando la fruta es transferida a temperaturas superiores para obtener la maduración de consumo (Mitcham y Mitchell 2007). Autores como Sugar (2002), señalan que la incidencia de ésta fisiotopatía se puede deber al resultado de condiciones anaeróbicas durante el almacenamiento; aumentando su incidencia cuando existe altas concentraciones de dióxido de carbono y bajas de oxígeno en las atmósferas de almacenamiento.

*El cáliz rosa (Pink calyx)*, es provocado por las frías temperaturas durante el desarrollo del fruto. El síntoma se caracteriza por generar un amarillamiento y ablandamiento de la pulpa en la base del cáliz, provocando una maduración prematura. Se diferencia de la degradación del corazón (core breakdown) porque sus síntomas si puede visualizarse externamente, ya que provoca un ablandamiento de la pulpa en la base del cáliz (Mitcham *et al.* 2008b).



Fuente: Mitcham *et al.* 2008a (E, F y H), Mitcham *et al.* 2008b (B, C, D y G) y Villalobos 2009 (A).

**Figura 12.** Desórdenes fisiológicos y enfermedades postcosecha en pera (*Pyrus communis*) variedades Bartlett y Anjou. **A.** Escaldadura de almacenamiento. **B.** Escaldadura de senescencia. **C.** Degradación acuosa en pera. **D.** Corazón acuoso. **E-F.** Moho gris. **G-H.** Moho azul.

d) El moho gris (*Botrytis cinerea*): Este hongo tiende a ingresar por heridas que tiene la fruta. No obstante, al igual que sucede con la granada (*Punica granatum*), el mismo invade o infecta las flores durante la floración, induciendo una pudrición interna en el cáliz de la fruta. Y por consiguiente, una vez de que ha esporulado dentro del fruto, este se disemina de una fruta a otra. La lesión causada por este hongo es de color café, pero las esporas son de color gris (Figura 12 E-F) (Mitcham y Mitchell 2007).

Para controlar su incidencia a nivel postcosecha, se han utilizado fungicidas tales como Benzimidazoles y Thiabendazoles. Aunque, se ha observado que estos fungicidas han inducido cierta resistencia tanto en el tratamiento de este hongo como para el moho azul (*Penicillium expansum*), actualmente la industria está usando otros fungicidas tales como Fludioxanil (Fenilpirroles), Fenhexamida (Hidroxianilidas) y Pirimethanil (Anilino piriminas). Igualmente se han observado que la implementación de atmósferas controladas, así como el almacenamiento a temperaturas inferiores a 0 °C inhibe el desarrollo de hongos durante dicha etapa (Sugar 2002).

e) El moho azul (*Penicillium expansum*): se caracteriza por ser de color blanco durante sus primeros estadios. No obstante, cuando esporula llega a ser de color azul (Figura 12 G-H). Para su control se utilizan los mismos fungicidas que se citan para el control del moho gris. Para el control de ambos también se utilizan los controladores biológicos (*Pseudomonas syringae* y *Candida oleophila*), sin embargo por su inadecuada eficiencia, no han sido ampliamente utilizados en los Estados Unidos (Sugar 2002).

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Localización de la práctica de especialidad.**

La práctica dirigida se realizó en el Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos. Laboratorio 1078 del edificio Wickson, perteneciente al Departamento de Plant Science.

### **3.2 Descripción general de la Universidad.**

La Universidad de California en Davis, es una de las diez sedes que posee este centro educativo a través de todo el estado de California, Estados Unidos. Nació en 1868 como un colegio, sin embargo a través de los años sus objetivos se han diversificado, lo cual la ha convertido en una de las principales universidades públicas de investigación en los Estados Unidos de Norteamérica.

Su campus, se caracteriza por tener un gran prestigio internacional, especialmente por sus programas excepcionales en ciencias biológicas y agrícolas. Además, los planes de estudio en ingeniería, ciencias sociales, ciencias físicas, matemáticas, artes y humanidades, son también populares y muy prestigiosos. Los estudios de postgrado abarcan 80 programas, dando a la U.C.Davis, la facultad de enseñanza más diversificada. La calidad de vida sobre el campus se realiza por su proximidad a la capital de California, Sacramento y al área de la bahía de San Francisco, sitios que ofrecen una riqueza de oportunidades adicionales culturales, políticas y sociales (U.C.Davis 2008).

Actualmente hay 24.299 estudiantes, de los cuales más de 5.000 se encuentran cursando algún estudio de postgrado o programas profesionales. Los programas de postgrado que se imparten en ésta universidad, atraen a estudiantes muy calificados provenientes de diversos centros educativos, sociales, étnicos y culturales. Ésta mezcla global contribuye al carácter tanto del campus como de la ciudad de Davis (U.C.Davis 2008).

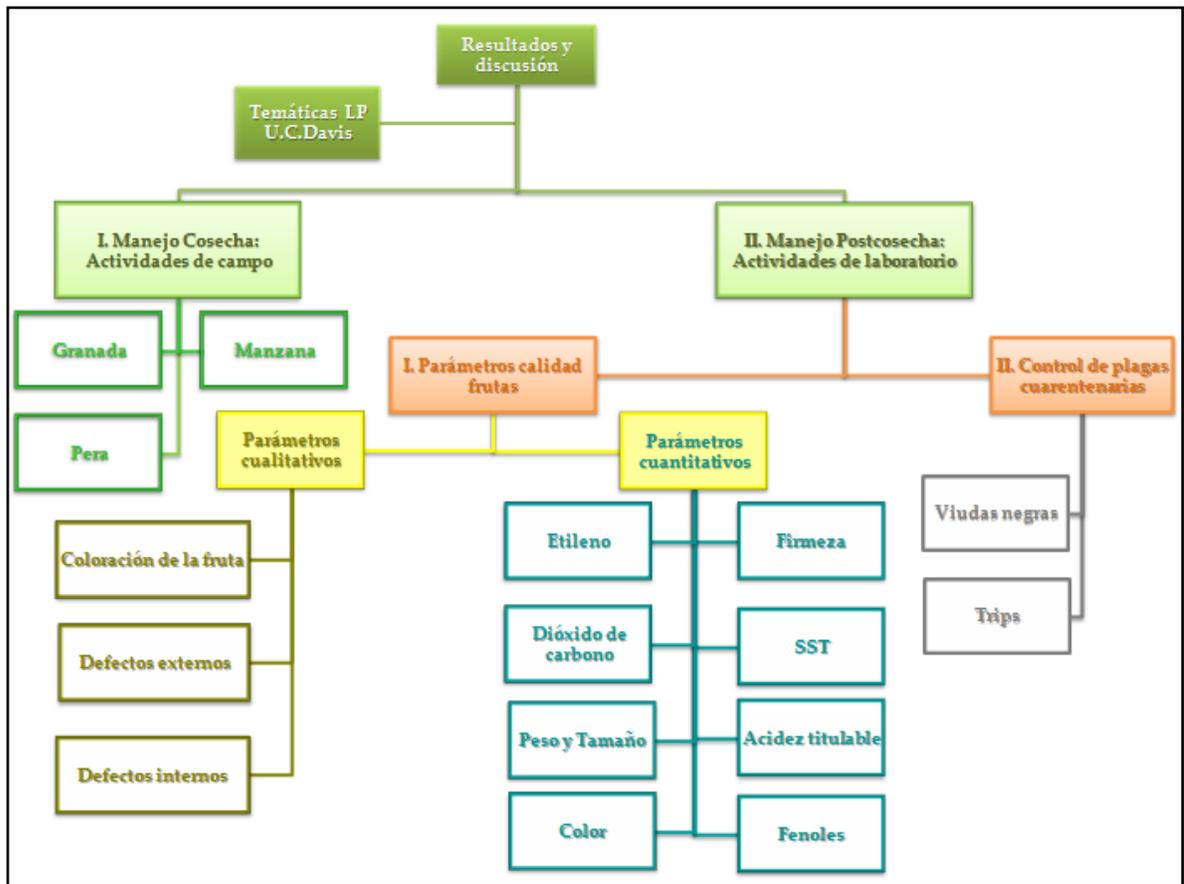
El campus tiene aproximadamente 5.500 acres (2.225,8 hectáreas), incluyendo los terrenos dedicados a la agricultura experimental. De este total 3000 acres (1.214,1 hectáreas) son utilizadas por el departamento de ciencias agrícolas para elaborar diferentes investigaciones y proyectos (U.C.Davis 2008).

### **3.3 Periodo de ejecución del la práctica de especialidad.**

El período de observación y participación directa se inició a partir del 15 de agosto del 2008 y culminó el 27 de enero del 2009.

### **3.4 Metodología de trabajo durante la práctica de especialidad en el Laboratorio de Postcosecha de U.C.Davis.**

Las diferentes actividades desempeñadas durante la práctica dirigida se enfocaron en dos temas específicos (Figura 13): el primero de ellos, vinculado a la ejecución de actividades de campo relacionadas con la cosecha de granada variedad Wonderful, manzana Granny Smith y Fuji, así como pera variedad Bartlett. Posteriormente, las otras actividades se orientaron al manejo postcosecha a nivel de laboratorio, específicamente todas aquellas tareas implementadas en la evaluación de parámetros de calidad en frutas; tanto cuantitativos (etileno, dióxido de carbono, peso y tamaño, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y fenóles) como cualitativas (color, defectos externos e internos) y labores involucradas con el control de plagas cuarentenarias a nivel de laboratorio.



**Figura 13.** Actividades ejecutadas en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, durante el periodo de estudio agosto del 2008 a enero del 2009. (Según Villalobos, L. 2009).

### 3.4.1 Manejo de la cosecha: actividades de campo.

- 1) Se trasladó a las diferentes fincas productoras de granada variedad wonderful, manzana variedad Granny Smith y Fuji, y pera Barlett.
- 2) Recolección de las muestras experimentales, empaque y transporte al Laboratorio de Postcosecha de U.C.Davis.
- 3) Descarga del material experimental y traslado a los cuartos de almacenamiento respectivos en el Laboratorio Postcosecha de U.C.Davis.

### 3.4.2 Manejo postcosecha: actividades de laboratorio.

#### 3.4.2.1 Cuantificación de parámetros de calidad en el análisis de frutas.

A. Parámetros cuantitativos.

- 1) Cuantificación de peso y tamaño, color, sólidos solubles totales, acidez y fenoles en granadas variedad Wonderful a 1 y 1,5 meses de almacenamiento a 5 °C.
- 2) Medición de color, firmeza, sólidos solubles totales y acidez en mango variedad Tommy Atkins provenientes de diferentes países exportadores.
- 3) Evaluación de dióxido de carbono, color, firmeza, sólidos solubles totales y acidez en manzana variedad Granny Smith y Fuji almacenadas 1, 2, 3 y 4 meses a 0°C.
- 4) Evaluación de dióxido de carbono, firmeza, sólidos solubles totales y acidez en melocotón variedad Traa Zee almacenado a 1,5 meses a 0°C.

B. Parámetros cualitativos.

- 1) Cuantificación de color, daños externos e internos en las siguientes especies frutales: granada, mango y pera.
- 2) Evaluación de la intensidad de color y daños internos en melocotón almacenado a 1,5 meses a 0 °C.
- 3) Medición de los daños externos de escaldadura (scald) y picado amargo (bitter pit) en manzana Granny Smith y Fuji al 1, 2, 3 y 4 meses de almacenamiento a 0 °C

**3.4.2.2 Control de plagas cuarentenarias.**

A. Viudas negras en uva (*Vitis vinifera*) variedad Thompson.

- 1) Recolección de arañas viudas negras () alrededor de las instalaciones de la universidad y parcelas experimentales.
- 2) Alimentación semanal de las arañas.
- 3) Colaboración en la preparación de los tratamientos experimentales previo a la fumigación con dióxido de carbono.

B. Trips en naranjas (*Citris sinensis*) variedad Navel.

- 1) Colaboración en la preparación de los tratamientos experimentales previo a la fumigación con Vapormate (etilformato+CO<sub>2</sub>)
- 2) Cuantificación del número de insectos vivos o muertos ante la aplicación del producto comercial Vapormate.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el mundo competitivo en el cual vivimos, la diferencia de oportunidades de mercados agrícolas están vinculados con una sola palabra, calidad. Para brindar calidad en los productos agrícolas se necesita establecer en conjunto, diferentes técnicas agronómicas aplicadas en las etapas de pre y post-siembra, así como indiscutiblemente las diversificadas herramientas y procedimientos efectuados en la etapa postcosecha.

Inexplicablemente, es esta última etapa del sistema de producción agrícola, a la que se le presta menor atención. Aunque, es ampliamente conocido como la calidad de un producto agrícola, después de su cosecha puede verse alterada drásticamente ante la ausencia de adecuados procedimientos de lavado, desinfección, clasificación, empaque, almacenamiento y distribución a los puntos de venta.

Es por esta razón, que teniendo claro las necesidades que demanda continuamente el consumidor y el mercado como tal, en busca de satisfacer esa calidad deseada en los productos frutícolas, el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos desarrolla diferentes investigaciones relacionadas con el manejo postcosecha de las frutas, con la finalidad de ofrecer soluciones viables a la incidencia de diversos desórdenes fisiológicos que se presentan previo o posterior al almacenamiento y evaluando productos alternativos para el control de plagas cuarentenarias. Así como, el estudio de diversos paquetes tecnológicos, implementados en la etapa de postcosecha, para estudiar parámetros de calidad en frutas o bien, utilizados para alargar la vida en anaquel de las mismas.

En el Cuadro 13, se describen las diferentes temáticas o áreas de investigación, a las cuales se les brindó asistencia, durante el período de estudio comprendido del 15 de agosto del 2008 al 27 de enero del 2009.

**Cuadro 13.** Temáticas de investigación, desarrolladas en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, dentro del período agosto 2008-enero 2009.

Investigadores	Temáticas de investigación
<b>Bill Biasi</b>	Comportamiento respiratorio del melocotón ( <i>Prunus persica</i> ) variedad Traa Zee, al ser almacenada en cajas de empaque MAP.
<b>Cassandro Amarante Sergio Tonetto</b>	Métodos para controlar Bitter Pit (Picado amargo) en manzana ( <i>Malus</i> sp.) variedades Granny Smith y Fuji.  Efecto de atmósferas con bajo contenido de oxígeno en la calidad de manzana ( <i>Malus</i> sp.) Granny Smith.
<b>Malkeet Padma</b>	Definir métodos para evaluar el grado de madurez del mango ( <i>Mangifera indica</i> ).  Monitoreo de calidad del mango ( <i>Mangifera indica</i> ), provenientes de diferentes centros de comercialización.
<b>Max Villalobos</b>	Efecto del producto comercial SmartFresh (1-MCP) en la conservación de pera ( <i>Pyrus communis</i> ), variedad Bartlett.  Efectos de la aplicación de golpes inducidos en la granada ( <i>Punica granatum</i> ) sobre su calidad externa e interna.
<b>Veronique Bikoba</b>	Métodos para controlar plagas a nivel postcosecha en uva ( <i>Vitis vinifera</i> ), variedad Thompson y naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ) variedad Navel.

Seguidamente, la descripción de las metodologías utilizadas en las diferentes actividades de campo, vinculadas con la cosecha de algunas especies frutales; tales como granada, manzana y pera. Así como los procedimientos y tecnologías implementadas a nivel de laboratorio, para medir parámetros cuantitativos y cualitativos en frutas tropicales y subtropicales.

#### **4.1 Manejo de la cosecha: actividades de campo.**

Con el objetivo de recolectar frutas con la mayor calidad posible, para ser utilizadas como material experimental en las investigaciones de granada, manzana y pera, fue necesario trasladarse hasta las fincas productoras de éstas frutas subtropicales y participar en la cosecha de las mismas. La participación en el proceso de cosecha, permite homogenizar la calidad externa e interna de las muestras a utilizar y con ello disminuir errores aleatorios en cada una de las investigaciones.

##### **4.1.1 Cosecha de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful.**

La cosecha de granada se ejecutó el 20 de octubre del 2008, la misma se efectuó en las plantaciones de la Compañía POM Wonderful localizada en el valle de San Joaquín California; esta empresa suministra valor agregado a su producción, mediante la elaboración de jugo de granada, igualmente constituye una de las principales empresas oferentes de fruta fresca, ya sea para mercado local o de exportación en los Estados Unidos.

La técnica de cosecha consiste en separar la fruta de la planta madre con ayuda de una tijera (Figura 14 A), conforme se recolecta la fruta, ésta se va depositando en cajas de cartón, compuestas por dos capas o bandejas de plástico, equiparando con un total de 22 frutas/caja (Figura 14 B). Cabe destacar, la funcionalidad de las bandejas plásticas; las cuales evita el rozamiento entre las frutas, disminuyendo con ello las lesiones externas e internas que podrían generarse en el transporte de las frutas hasta el Laboratorio de Postcosecha.

Como parámetros de cosecha se considera, el color rojizo de la fruta, sólidos solubles totales, acidez, así como la selección y recolección de frutas con alta calidad externa; sin lesiones blancas u oscuras, daño por sol, arrugamientos, daños por insectos y abrasiones.



**Figura 14.** Cosecha de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Finca Compañía POM, Valle San Joaquín California, EEUU, 2008. **A.** Técnica de cosecha. **B.** Cajas de empaque utilizadas en el transporte de la fruta. (Según Villalobos, L. 2009).

#### 4.1.2 Cosecha de manzana (*Malus sp.*), variedades Granny Smith y Fuji.

La cosecha de manzana se efectuó durante la primera semana del mes de setiembre del 2008. La técnica consistió en separar manualmente cada fruta del árbol, cuidando de que el pedúnculo no se quebrara, ya que al desprenderse del fruto se estimula la síntesis y percepción de etileno en la fruta, sumado a que facilita la entrada de microorganismos patógenos durante las etapas posteriores de transporte, limpieza, selección y almacenamiento.

Cada fruta se coloca en un bolso de lona, sujetado por el cosechador (Figura 15 A), al llenar su capacidad total, la fruta es colocada a granel en cajas de cartón (Figura 15 B). Para ambas variedades, el procedimiento de cosecha es el mismo. No obstante, cabe destacar que las variedad Granny Smith es más propensa a sufrir magulladuras provocadas por las fuerzas que ejerce los dedos del cosechador en el momento de su recolección, de ahí la importancia de sustráela cuidadosamente. Con respecto a este punto, es importante discutir que la inadecuada técnica de empaque, incentivó el rozamiento entre las frutas durante el transporte hasta el Laboratorio de Postcosecha, ocasionando magalladuras, heridas y abrasiones, que generaron el descarte de dichas frutas como material

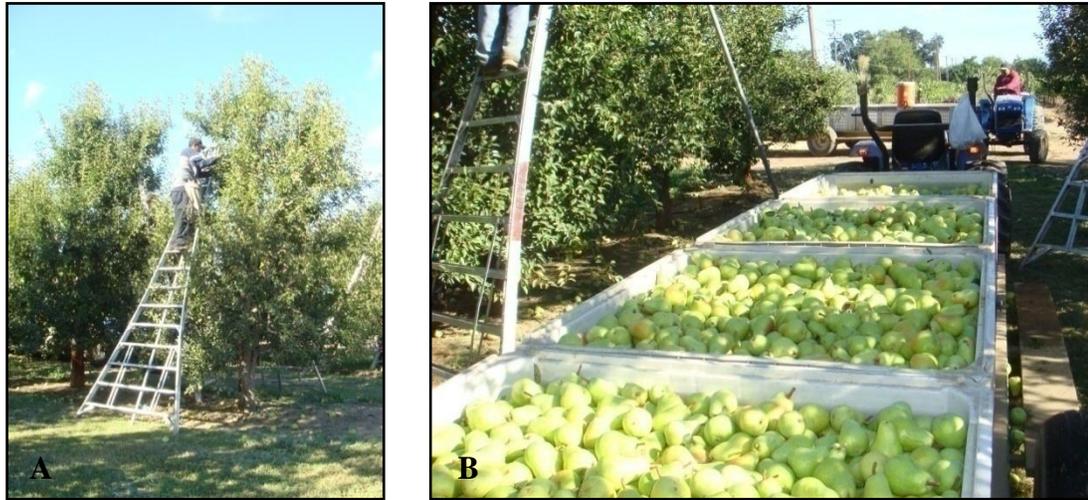
experimental. Para evitar este problema, lo ideal hubiera sido utilizar bandejas de cartón o plástico, colocadas en diferentes capas o niveles dentro una misma caja de empaque, técnica similar a la implementada en la cosecha de granada



**Figura 15.** Cosecha de manzana (*Malus* sp.) variedades Fuji y Granny Smith en California, EEUU. 2008. **A.** Técnica de cosecha e instrumentos. **B.** Cajas de empaque implementadas en el transporte de la fruta. (Según Villalobos, L. 2009).

#### 4.1.3 Cosecha de pera (*Pyrus communis*), variedad Barlett.

La cosecha de pera variedad Bartlett, se efectuó el 28 de agosto del 2008, en la finca “Scally Pear Packing”, en Finleg California, EEUU. La fruta se separa del árbol con ayuda de una tijera, para recolectar las frutas que se encuentran en las zonas más altas del árbol, es necesario la utilización de escaleras (Figura 16 A). Al igual que la manzana, la pera recolectada es almacenada en una bolsa de lona, la cual al llenar su capacidad, se colocan posteriormente en cajas de plástico (Figura 16 B), en donde finalmente son transportadas a la planta de empaque para su posterior manejo postcosecha.



**Figura 16.** Cosecha de pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett. Finca “Scally Pear Packing” en Finleg California, EEUU, 2008. **A.** Técnica de cosecha e instrumentos implementados. **B.** Cajas de transporte utilizados a la planta de empaque. (Según Villalobos, L. 2009).

## 4.2 Manejo postcosecha: actividades de laboratorio.

### 4.2.1 Parámetros de calidad en frutas tropicales y subtropicales.

#### 4.2.1.1 Parámetros cuantitativos.

Durante el período de estudio se aplicó diferentes parámetros cuantitativos de calidad en frutas subtropicales tales como granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful, manzana (*Malus* sp.) variedades Fuji y Granny Smith, melocotón (*Prunus persicae*) variedad Traa Zee, naranja (*Citrus sinensis*) variedad Navel y pera (*Pyrus communis*) variedad Bartlett. Además, se contó con la oportunidad de trabajar con una fruta tropical, mango (*Mangifera indica*) variedades Tommy Atkins y Keitt. En el Cuadro 14, se aprecian los diferentes parámetros cuantitativos estudiados en cada uno de los frutales señalados.

**Cuadro 14.** Parámetros cuantitativos para evaluar calidad en frutas subtropicales y tropicales en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California Davis, EEUU, dentro del período agosto 2008-enero 2009.

Especie	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	Peso y tamaño	Color	Firmeza	SST	Acidez	fenoles
Granada			X	X		X	X	X
Mango				X	X	X	X	
Manzana		X		X	X	X	X	
Melocotón		X			X	X	X	
Naranja						X	X	
Pera	X	X			X			

#### A. Etileno.

Este compuesto orgánico, es cuantificado para determinar el estado fisiológico de maduración que poseen las frutas, ya que un incremento en la tasa de producción de este compuesto, está asociado con un mayor nivel de maduración en las frutas climatéricas. Este comportamiento es ocasionado por la respuesta bioquímica que ocurre en las células del fruto ante la percepción de etileno, lo que en su conjunto ocasiona pérdida de firmeza, cambios de color en la fruta externa e internamente, pérdida de acidez, incremento en los sólidos solubles totales y producción de compuestos aromáticos.

La cuantificación de etileno se efectuó solamente en pera (*Pyrus* sp.) Bartlett, debido a que éste parámetro estaba siendo investigado por el estudiante de posgrado Max Villalobos (Cuadro 13). Dicho proyecto, analiza el efecto de la aplicación de 1-MCP (1-metilciclopropeno) en la biosíntesis y percepción de etileno en dicha variedad de pera. El análisis de este parámetro se efectuó al mes y 4,5 meses de almacenamiento a -1,1 °C.

Para la evaluación de dióxido de carbono, firmeza y etileno, la fruta fue extraída del cuarto de almacenamiento a -1,1 °C a un mes y 4,5 meses de la cosecha, para ser colocada en un cuarto de almacenamiento a 20 °C, esto con la finalidad de incentivar la maduración de la fruta (adquisición de características de consumo). En dichas condiciones la tasa de

producción de etileno se evaluó cada dos días, hasta cumplir con un total de doce días de estudio.

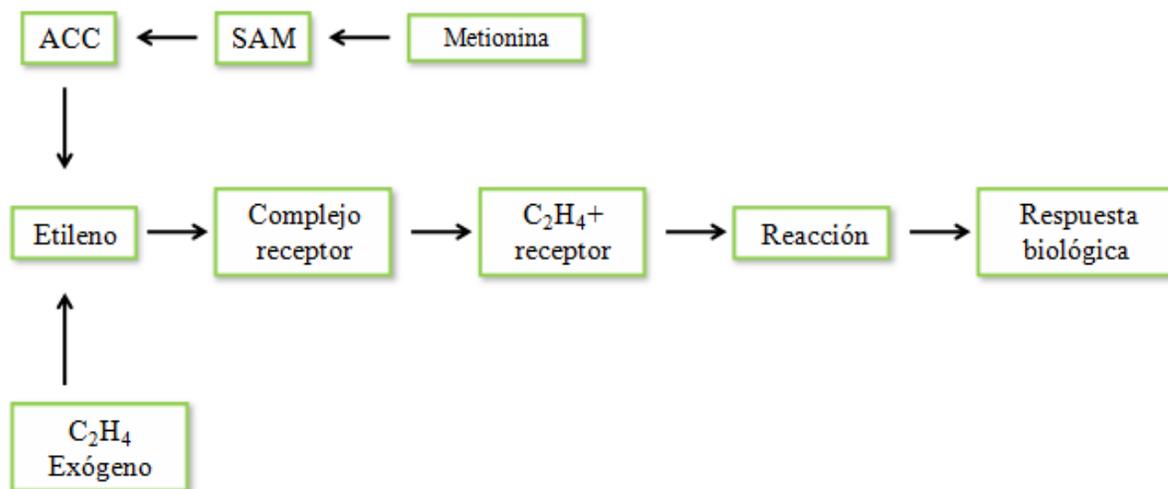
En esta investigación, se verificó las ventajas potenciales que presenta éste inhibidor en la acción de etileno. Regulando la percepción de este compuesto orgánico, se controla los estados de madurez de las frutas y paralelamente los cambios en SST, acidez, firmeza, coloración externa e interna producción de aroma y sabor. Ha sido ampliamente comprobado por diferentes investigadores que 1-MCP además reduce los desórdenes fisiológicos y daños patológicos durante el almacenamiento, maduración y comercialización de las frutas. En la Figura 17, se observa como los frutos del tratamiento control (sin aplicación de 1-MCP) presentaron mayor incidencia de escaldadura de almacenamiento, degradación interna y pudriciones que los frutos del tratamiento a los cuales se le aplicó el producto comercial SmartFresh (1-MCP) antes de ser almacenado a -1,1 °C.



**Figura 17.** Efecto de la aplicación de SmartFresh (1-MCP) en pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett a seis meses de almacenamiento a -1,1 °C más 5 días a 20 °C. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, M. 2009).

El 1-MCP, es un inhibidor de la acción del etileno porque ocupa permanentemente su lugar en las proteínas que perciben etileno, también llamadas receptores de etileno (Figura 18). Cuando 1-MCP está ligado a estos receptores, etileno no puede ligarse y por lo tanto,

no ocurren los cambios bioquímicos, que normalmente son asociados con respuestas a etileno, los cuales son los responsables de la maduración de las frutas. (McGlason 1895 citado por Calvo s.f., Walkins 2006, Villalobos y Mitcham 2008 y Villalobos 2009<sup>6</sup>).



**Figura 18.** Síntesis y percepción del etileno por las células vegetales. (Según Reid 2002, Calvo s.f.).

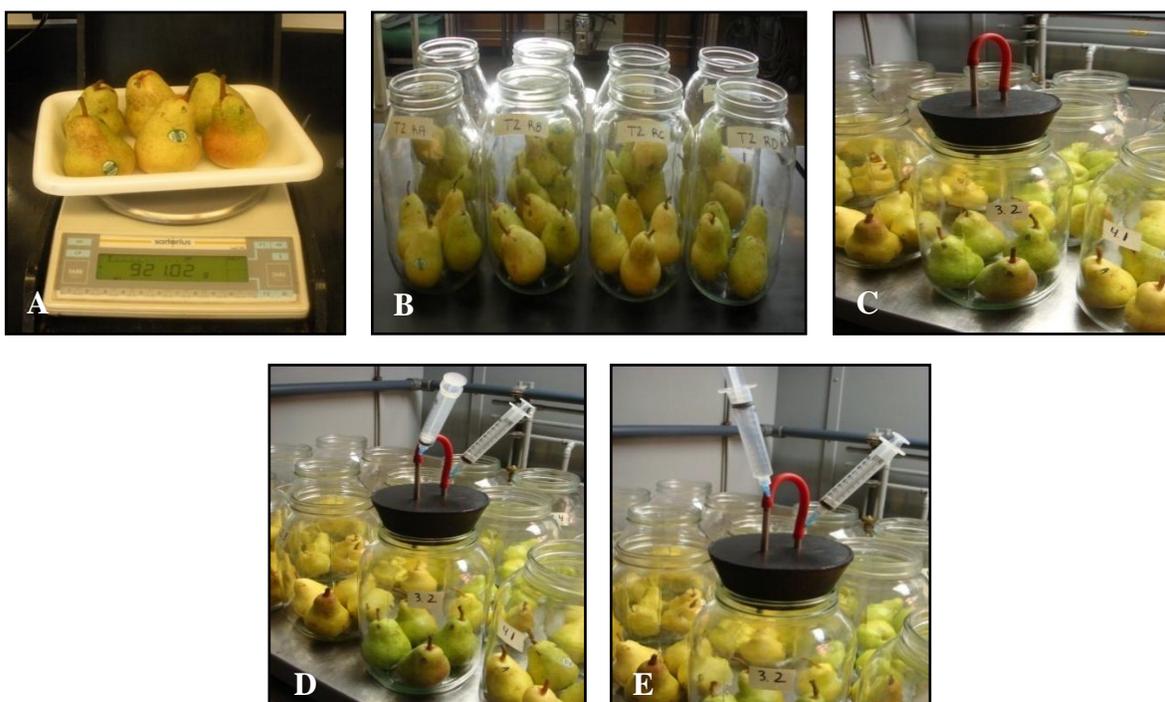
El procedimiento utilizado por el Laboratorio de Postcosecha en la Universidad de Davis, en EEUU, para la cuantificación de la tasa de producción de esta hormona natural, es el siguiente:

a) Preparación de las muestras.

- 1) Tomar seis peras de cada uno de los tratamientos que se encuentran almacenadas a -1,1 °C.
- 2) Pesar seis peras por tratamiento y anotar el dato obtenido (Figura 19 A).
- 3) Colocar las peras dentro de recipientes de vidrio especializados para cuantificar éste parámetro (Figura 19 B).
- 4) Colocar el recipiente en el cuarto de almacenamiento a 20 °C.
- 5) Tomar dos muestras de los gases internos del cuarto de almacenamiento con ayuda de jeringas de 10 ml.

<sup>6</sup> Villalobos M. 2008. Efecto de la aplicación del 1-MCP en peras Bartlett (entrevista). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

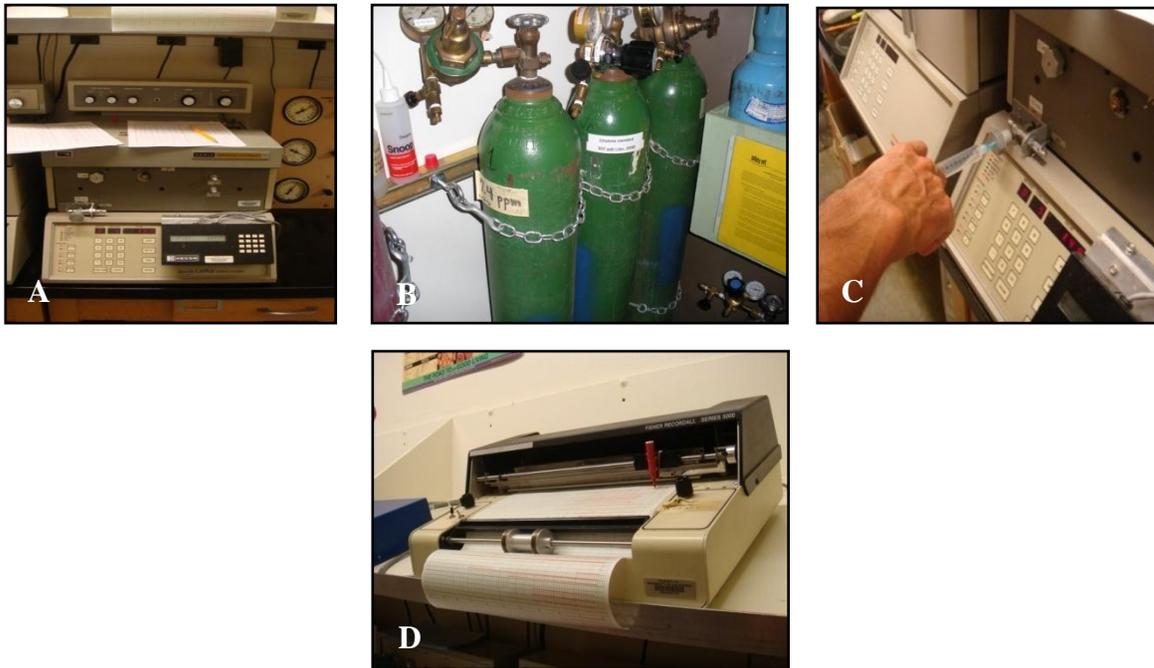
- 6) Tapar los recipientes con ayuda de un mazo de forma constante (cada 30 segundos entre uno y otro recipiente o muestra). Asegurándose, que no hayan salidas ni entradas de aire (Figura 19 C).
- 7) Colocar dos jeringas (10 ml/cada una) por cada recipiente de vidrio (una para  $C_2H_4$  y la restante para  $CO_2$ ). Las jeringas son colocadas sobre una manguera especial (color rojo) que se encuentra en la parte superior de la tapa de cada recipiente (Figura 19 D).
- 8) Dejar las peras encerradas en dicho recipiente de vidrio (al vacío) durante 20 minutos (Figura 19 D).
- 9) Recolectar las muestras de forma constante (cada 30 segundos entre un recipiente y otro) al concluir el tiempo señalado (Figura 19 E).



**Figura 19.** Preparación de las muestras para la cuantificación de etileno en pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).

b) Calibración del cromatógrafo analítico de gases Charle 211.

- 1) Introducir la clave del cromotógrafo de gases (Figura 20 A).
- 2) Recolectar utilizando jeringas de 10 ml, el estándar de etileno a utilizar en los cilindros con concentraciones de etileno a 7,4 ppm, 0,922 ppm, 0,075 ppm (Figura 20 B). La concentración del estándar a utilizar, dependerá de las características partículas de las muestras de cada tratamiento, así como el tiempo de exposición al vacío.
- 3) Inyectar los estándares en el cromatógrafo analítico Charle 211 de gases (en el orificio para jeringas de 10 ml), cuando la máquina indique el número 1,50 en su pantalla (Figura 20 C).
- 4) Destapar el bolígrafo en la máquina lectora y bajarlo cuando la máquina indique el número 0,70 en su pantalla. Esto con la finalidad de tomar la medición.
- 5) Anotar el resultado obtenido en la máquina lectora (Figura 20 D).
- 6) Inyectar la primera muestra de los tratamientos, cuando la máquina presente el número 1,50 en su pantalla (orificio para jeringa de 10 ml). Cuando la pantalla indique el número 0,70, bajar el bolígrafo de la máquina lectora para que marque en la escala la medición obtenida. Anotar el resultado obtenido.
- 7) Seguir el mismo procedimiento indicado en el punto seis, para determinar las concentraciones de etileno en las muestras faltantes. No olvide, anotar cada uno de los resultados obtenidos en la hoja de toma de datos.
- 8) Tapar el bolígrafo de la máquina lectora del analizador de CO<sub>2</sub>.



**Figura 20.** Procedimiento utilizado en la lectura de las muestras en el cromatograma analítico de gases Charle 211, para la cuantificación de las concentraciones de etileno en pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).

### **B. Dióxido de carbono.**

Al igual que el etileno, es cuantificado para determinar el estado fisiológico de maduración que presentan las frutas. La obtención de altos niveles en su medición, significa una alta actividad respiratoria por parte de la fruta, lo cual repercutirá en pérdida de peso, firmeza y acidez. Incrementando su estado de maduración al aumentar los sólidos solubles totales y color externo e interno en caso de los frutos climatéricos.

El procedimiento utilizado para la preparación de las muestras, es el mismo que para el caso de etileno (Figura 18 A). La diferencia radica en que las muestras obtenidas, son inyectadas en un analizador de dióxido de carbono, siendo la calibración y utilización de esta máquina diferente, de ahí la importancia de su descripción.

a) Calibración del analizador de CO<sub>2</sub>.

1. Asegurarse que la máquina se encuentre en rango bajo de medición.
2. Regular la escala al número 120.
3. Destapar el bolígrafo marcador y colocarlo en posición de medida.
4. Recolectar la muestra de estándar con 0,25% de CO<sub>2</sub>, con una jeringa de 10 ml (Figura 21 A).
5. Inyectar la muestra del estándar en la máquina (agujero para jeringas de 10 ml) y gira inmediatamente la perrilla “Inject” hacia la derecha (Figura 21 B).
6. Anotar la lectura obtenida y la concentración del estándar utilizado.
7. Girar la perrilla “Run” hacia la izquierda.
8. Mover el papel de la máquina lectora de la muestra (con la finalidad de que el bolígrafo no marque en el mismo reglón, en donde se marcó el resultado de la muestra anterior) (Figura 21 C).
9. Inyectar cada muestra individualmente de la manera en como se señaló en el procedimiento 5, 6 y 7.
10. Tapar el bolígrafo marcador.
11. Regular la escala al número 20.



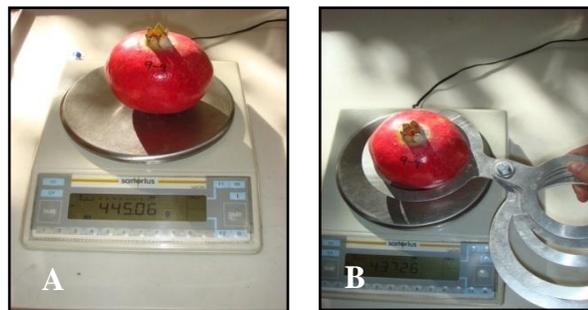
**Figura 21.** Metodología utilizada en la lectura de las muestras, para la cuantificación de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).

### C. Peso y tamaño.

La granada es una fruta subtropical que pierde peso fácilmente, después de ser cosechada, siendo esto un factor que limita o altera su calidad externa, ya que incrementa el arrugamiento y deformación de la fruta.

Precisamente, el proyecto de granada consistió en estudiar el efecto de la aplicación de diferentes golpes inducidos en la fruta, los cuales asemejan la realidad a la que se expone ésta fruta en la etapa de cosecha y procedimientos postcosecha de transporte, lavado, desinfección, clasificación, empaque y almacenamiento en la planta de empaque. En uno de los experimentos, los golpes fueron inducidos con diferentes materiales de rozamiento tales como cartón, plástico, rodillo metálico y rejilla. En el segundo experimento, se dejó caer la fruta a diferentes alturas (2, 6, 8, 10 y 12 pulgadas), todo esto con la finalidad de determinar si dichos daños afectaban la calidad externa (peso y tamaño, color, lesiones oscuras, lesiones claras y arrugamiento) e interna (SST, acidez, color del jugo y fenoles).

Para la evaluación del peso, se utilizó una balanza digital (Figura 22 A). Con respecto al tamaño, este se evaluó utilizando discos con diámetros diferentes, expresados en número de frutas por caja, las categorías son las siguientes; 16,16-22, 22-30, 30-36, 36-42 y 42 la frutas más pequeñas, los aros de clasificación del tamaño fueron suministrados por la compañía POM Wonderful (Figura 22 B).



**Figura 22.** Procedimiento utilizado en la evaluación del peso y tamaño en granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos, 2008. **A.** Evaluación del peso del fruto. **B.** Evaluación del tamaño. (Según Villalobos, L. 2009).

#### **D. Color.**

La medición de color tiene un importante significado, con respecto a la calidad de las frutas, debido a que el consumidor visualiza en el color externo de las mismas, cómo podría encontrarse esta en su interior y a su vez lo asocia con la satisfacción que podría generarle al consumirla.

Como se observa en el Cuadro 14, la evaluación de color por método cuantitativo se efectuó en frutos de mango (*Mangifera indica*), manzana (*Malus* sp.) y granada (*Punica granatum*). En el caso del primero, se evaluó tanto la coloración interna como externa del fruto, en el segundo se evaluó solamente la coloración externa y con respecto a la granada, se evaluó la coloración externa de la fruta y a nivel interno se midió la coloración del jugo de la misma. A excepción de este último, que se evaluó con el espectrofotómetro UV-1601 Shimadzu, las demás mediciones de color se efectuaron con el colorímetro Minolta CR-300.

Diferentes autores han señalado las desventajas que presenta la evaluación cualitativa de color, por ser subjetiva; ya que el criterio de intensidad de color varía de un observador a otro (Shewfelt y Prussia 1993, Calvo s.f. y Mitcham y Mitchell 2007). Es por ello, que mediante la elaboración de estos instrumentos, los investigadores pueden evaluar la intensidad de color por medio de una escala numérica, siendo más precisos y exactos los datos obtenidos.

En el caso de los colorímetros, la evaluación de color se mide a partir de diferentes parámetros que simulan el comportamiento que realiza el ojo humano, debido a que los humanos vemos el color en términos de luminosidad (L), matices del color (tales como rojo (+a), verde (-a), amarillo (+b), azul (-b) y brillantes o saturación (Chroma) (Shewfelt y Prussia 1993). Es por ello, que estos mismos parámetros de análisis son utilizados en los colorímetros para analizar la intensidad de color.

Con respecto a la granada (*Punica granatum*), el color del jugo presente en las misma se evaluó con el espectrofotómetros UV-1601 a una onda de absorbanza a 510 nm. Los espectrofotómetros cuantifican la cantidad de luz que puede atravesar un objeto o sustancia (absorbanza) de acuerdo a un espectro óptico (cuantificado en nanómetros) (Minolta 1998).

A continuación se describen los dos métodos desarrollados por éste Centro de Investigación para cuantificar de una forma objetiva el color en las frutas.

a) Colorímetro Minolta CR-300.

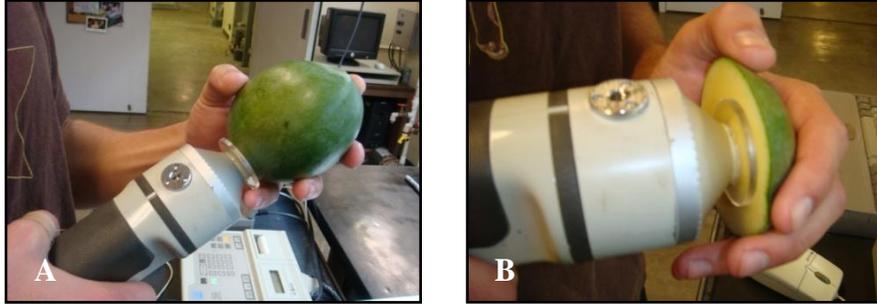
- 1) Limpiar cuidadosamente la fruta con un paño húmedo.
- 2) Instalar el colorímetro y calibrar el mismo.
  - 2.1) Instalación del colorímetro.
    - Conectar la fuente de poder del colorímetro y el computador a un toma corriente.
    - Encender el ordenador y dar la acción de apagar el equipo (Shut down) en la opción M-DOS.
    - Escribir en la consola el nombre del archivo en donde se guardarán todos los resultados de la evaluación de color, el mismo debe de estar conformado por ocho dígitos y terminando con dat. Ejemplo: po100909.dat
    - Indicar el número de frutas por tratamiento y número de lecturas a ejecutar por fruta.
  - 2.2) Calibración del colorímetro.
    - Encender el colorímetro (Turn on).
    - Presionar la tecla “Calibrate”. Esperar alrededor de 5 segundos.
    - Presionar la tecla “Color space select”. Asegúrese que los valor “Y”, “x” y “y” aparezcan en la pantalla del procesador de datos.
    - Abrir el plato de calibración (plato blanco) y colocar el cabezal del colorímetro en posición de medida.
    - Presionar la tecla “Measure” y apretar la tecla de medición (la calibración habrá terminado cuando se emitan tres destellos de luz sobre el plato de calibración).

- Presionar la tecla “Color space select” hasta que aparezcan los valores “L”, “a” y “b” en la pantalla del procesador de datos.
- La máquina esta lista para la medición de las muestras (Figura 23).
- Para decidir acerca del funcionamiento de la impresora, presione la tecla “Index set” y la tecla “Circular arrow”, para apagar (N) o prender la impresora (Y).
- Presionar la tecla “Enter” para guardar los cambios.



**Figura 23.** Colorímetro Minolta CR-300 instalado y calibrado. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

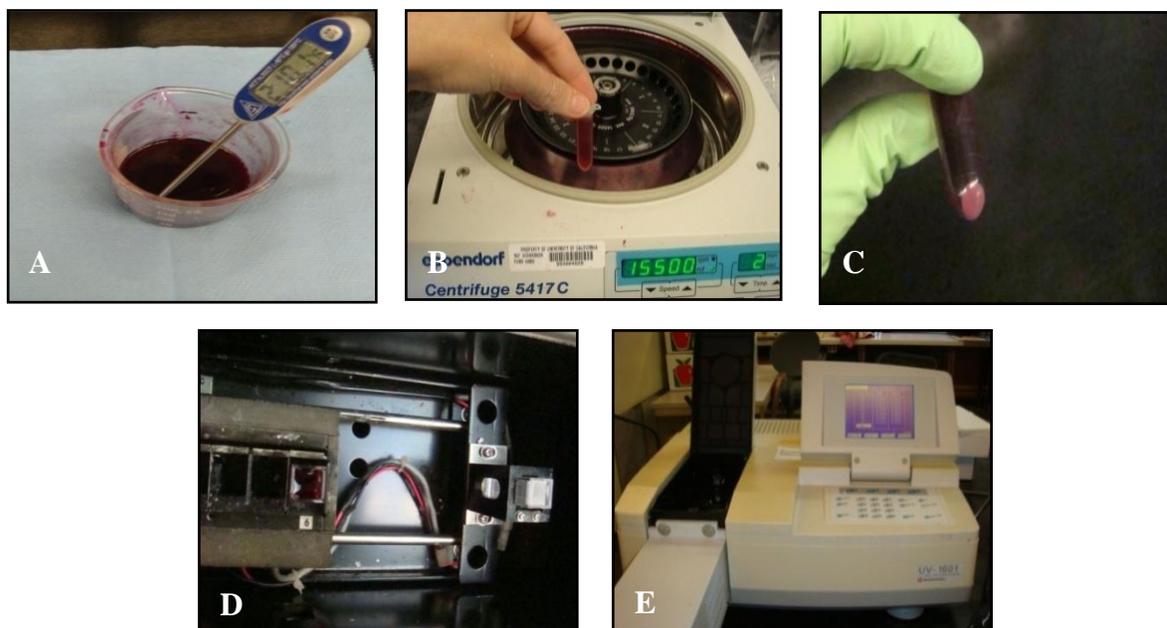
- 3) Efectuar la medición en cada uno de las muestras. Para ello se coloca el colorímetro sobre una zona del lado ecuatorial de la fruta (Figura 24) y se presiona con el dedo la tecla de medición, el aparato emitirá una luz que junto con un sonido, que indicará el momento apropiado para retirarlo de la fruta y efectuar la segunda medición en otra zona diferente del plano ecuatorial. Generalmente se efectúan dos lecturas/fruta, en dos zonas diferentes del plano ecuatorial.
- 4) Descargar los resultados en el computador.



**Figura 24.** Medición de color externo e interno en mango (*Mangifera indica*) utilizando el colorímetro Minolta CR-300. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. **A.** Evaluación de color externo. **B.** Evaluación de color interno. (Según Villalobos, L. 2009).

b Espectrofotómetro UV-1601.

- 1) Pasteurizar el jugo de la granada a 190 °F (87,7 °C) (aproximadamente son 1,20 minutos en nivel alto en el microondas) (Figura 25 A).
- 2) Tomar 2 ml de jugo pasteurizado por muestra y centrifugarla durante dos minutos a una velocidad de 15.500 rpm (Figura 25 B).
- 3) Colocar los 2 ml de jugo centrifugado en una cubeta (Figura 25 C).
- 4) Calibrar el espectrofotómetro, colocando agua destilada como estándar cero y estandarizando el umbral espectral a 510 nm (Figura 25 D).
- 5) Colocar la muestra en el espectrofotómetro y efectuar la medición correspondiente (Figura 25 E).



**Figura 25.** Procedimiento utilizado en la medición de color, en jugo de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

### **E. Firmeza.**

Este parámetro es utilizado para evaluar el grado de suavidad, dureza y deshidratación que presentan las frutas, basándose en la presión que se necesita para insertar un punzón de tamaño específico sobre la pulpa de la fruta, a una profundidad determinada.

Las frutas continúan respirando y consumiendo energía una vez de que son cosechadas en el campo, al aumentar su tasa respiratoria y producción de etileno, en la respuesta bioquímica a dichas actividades fisiológicas, se degradan ciertos péctidos en la pared primaria y lámina media de las células, que junto a la degradación de otros carbohidratos estructurales, tales como la hemicelulosa y celulosa, ocasionan la pérdida de firmeza en las frutas (Demerutis 1996, Galván *et al.* 2006).

Para evaluar este parámetro de calidad en manzana (*Malus* sp.), melocotón (*Prunus persicae*) y pera (*Pyrus* sp.) se utilizó únicamente el penetrómetro automático Analyser GUSS GS-14, el cual trabaja con ayuda de un computador (Figura 26).



**Figura 26.** Penetrómetro Analyser GUSS GS-14. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

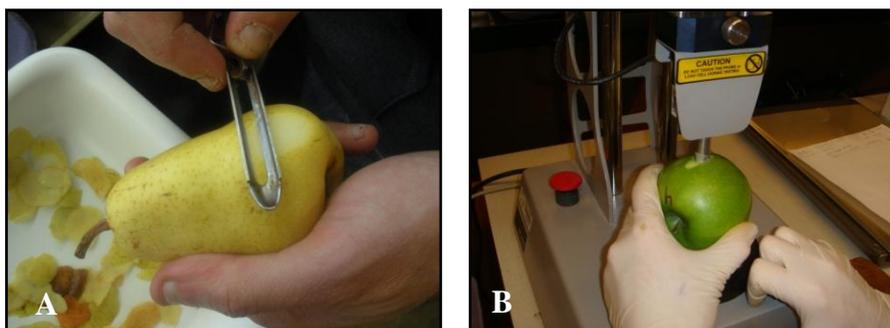
Generalmente los resultados obtenidos con el penetrómetro Analyser GUSS GS-14, se expresan en lbs-fuerza, kg-fuerza o Newton. La industria del mercado fresco suele expresar los resultados en términos de lbs-fuerza, aunque en documentos científicos se expresan en Newton (N) (Mitcham *et al.* 1996). La conversión de unidades se con base en la siguiente información.

$$\begin{aligned} \text{lbs-fuerza} & \times 4.448 = \text{Newton (N)} \\ \text{Kg-fuerza} & \times 9.807 = \text{Newton (N)} \end{aligned}$$

El procedimiento utilizado para la cuantificación de la firmeza con el penetrómetro Analyser GUSS GS-14, es el siguiente.

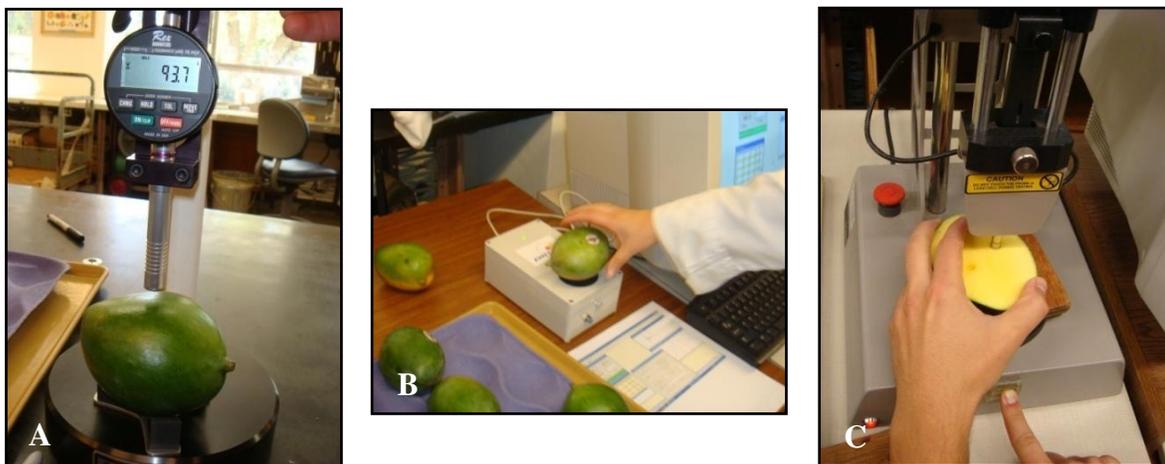
- 1) Eliminar la cáscara de la fruta en dos zonas del plano ecuatorial (Figura 27 A).
- 2) Colocar un punzón de 8 mm (5/16 pulgadas) a excepción de las manzanas que se utiliza un punzón de 11 mm en la zona correspondiente del penetrómetro.
- 3) Encender el penetrómetro y calibrar el mismo. Básicamente la calibración consiste en asegurarse de que exista una distancia apropiada entre la fruta y la punta de penetrómetro para que no haya problema en el momento de la medición.

- 4) Abrir el programa GUSS en el computador y anotar las especificaciones de fruto, variedad, fecha del análisis, nombre del tratamiento y número de frutas o mediciones a elaborar por tratamiento.
- 5) Medir la firmeza de la primera fruta del tratamiento, generalmente se efectúan dos mediciones por fruta, en dos zonas diferentes del plano ecuatorial (Figura 27 B).
- 6) Efectuar subsecuentemente las otras mediciones hasta culminar con todas las frutas por tratamiento. El promedio obtenido por tratamiento se anota en el registro de datos.



**Figura 27.** Procedimiento utilizado para la medición de firmeza con el penetrómetro Analyser GUSS GS-14. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

En el caso del mango (*Mangifera indica*), actualmente se está efectuando una investigación para determinar el método más apropiado para cuantificar firmeza y sólidos solubles totales (Cuadro 14), por lo que se utilizó diferentes instrumentos para evaluar la firmeza en ésta fruta tropical; tales como el durómetro Rex (Figura 28 A), AFS Acoustic Firmness Sensor Aweta (Figura 28 B) y penetrómetro Analyser GUSS GS-14 (Figura 28 C).



**Figura 28.** Instrumentos utilizados en la evaluación de firmeza en mango (*Mangifera indica*) variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. **A.** Durómetro Rex. **B.** AFS Acoustic Firmness Sensor Aweta. **C.** Penetrómetro Analyser GUSS GS-14. (Según Villalobos, L. 2009).

El durómetro Rex y AFS Acoustic Firmness Sensor Aweta, son instrumentos implementados para evaluar mediante una forma no destructiva la firmeza de las frutas, evitando con ello las pérdidas postcosecha, debido a que la fruta no debe de pelarse ni cortarla para realizar su medición, caso contrario sucede en la utilización del penetrómetro Analyser GUSS GS-14. El procedimiento implementado en la medición de la firmeza con el durómetro Rex, se describe a continuación:

- 1) Encender el durómetro (Turn on).
- 2) Colocar la fruta limpia sobre la base del instrumento.
- 3) Dejar caer la punta del durómetro sobre el fruto.
- 4) Verificar el valor obtenido (expresado en Newton) en la pantalla del instrumento y anotarlo en el registro de datos.
- 5) Presionar la tecla “Clean”, para borrar el valor obtenido en la medición anterior.
- 6) Presionar la tecla “Hold”.
- 7) Efectuar la medición de la siguiente fruta, repitiendo los procedimientos indicados en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6.
- 8) Apagar el durómetro (turn off).

En referencia al sensor de vibraciones acústicas, este se concede bajo la teoría que comúnmente los agricultores han utilizado en golpear las frutas, específicamente cultivos hortícolas de las familias de las curcubitáceas (melón, ayote y sandía) para tener una idea de su estado de madurez, en respuesta al sonido que emite la fruta al ser golpeadas. Curiosamente en relación a este principio, se desarrolló el instrumento Acoustic Firmness Sensor Aweta (Figura 28 B), el cual permite evaluar el nivel de dureza o suavidad que presenta las frutas, mediante la cuantificación de la frecuencia de una señal acústica (unidades Hz) luego de atravesar toda la fruta (Namesny 2002, Diezma y Ruiz 2004).

La metodología a utilizar para cuantificar la firmeza de las frutas, mediante éstas tecnologías de vibraciones acústicas, se logra colocando la fruta sobre el sensor, el cual trabaja con ayuda de un computador, posterior a ello el sensor emitirá una fuerza sobre el fruto, con la finalidad de incentivar la respuesta al mismo, mediante la emisión de sonidos acústicos que podrán ser recolectados por el ordenador, gracias a su software especializado.

#### **F. Sólidos solubles totales (SST).**

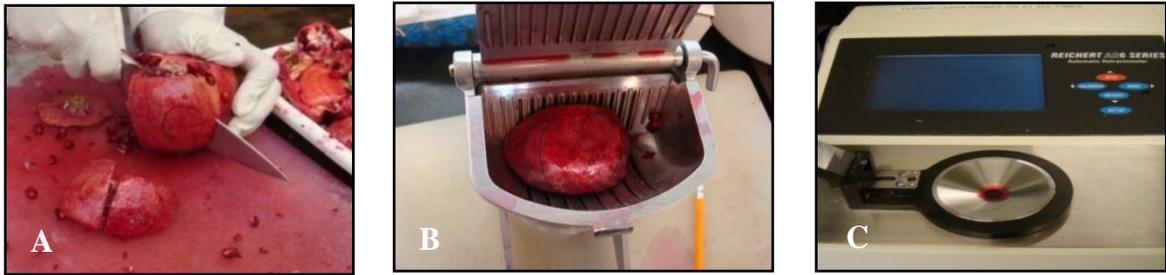
Los sólidos solubles totales son utilizados para cuantificar la cantidad de sólidos que están disueltos en el jugo de las frutas. Por lo tanto, al medir este parámetro no solamente se cuantifica sacarosa, sino también otros componentes como ácidos orgánicos, aminoácidos, componentes fenólicos y pectinas solubles (Mitcham *et al.* 1996, Galván *et al.* 2006).

Un factor importante a considerar a la hora de cuantificar este parámetro de calidad, es el relacionado con la temperatura del jugo. Debido a que cuando los materiales se expanden tiende haber menos densidad, por lo que temperaturas superiores a 5,6 °C del rango óptimo de análisis para el refractómetro, tienden a generar diferencias de hasta 0,5% en el valor obtenido de sólidos solubles totales (Mitcham *et al.* 1996, Vásquez y Mueller 2008).

Para minimizar este problema, en el Laboratorio de Postcosecha se utiliza para evaluar éste parámetro químico de calidad, el refractómetro automático Reichert AR6, el cual regula la temperatura de 20 °C a 30 °C.

La metodología implementada para la medición de sólidos solubles en granada, mango, manzana, melocotón y naranja se describe a continuación:

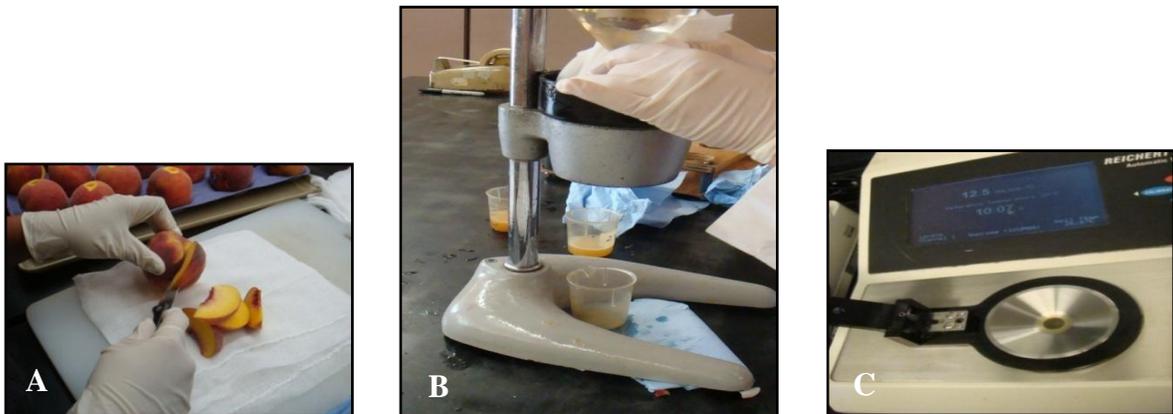
- 1) Limpiar la fruta con agua o con una paño limpio, esto para evitar que residuos de aplicaciones fitosanitarias alteren el valor a obtener.
- 2) Cortar una porción longitudinal que abarque desde la zona del cáliz hasta el pedúnculo (Figura 31 A). En el mango se practicó dos técnicas diferentes, una de ella constió en separar la semilla de la fruta y partir todo el téjido de la pulpa restante. La segunda técnica constió, en cortar la cara superior del mango y con ayuda de un cuchillo efectuar un corte transversal a través de la pulpa, con la finalidad de incentivar la liberación del jugo (Figura 30 A-B). Con respecto a la granada y naranja, se corta  $\frac{1}{4}$  de la fruta, extrayéndole la cáscara de la naranja (Figura 29 A y Figura 32 A).
- 3) Envolver las muestras en una tela especial llamada “Cheese cloth” (Figura 31 A y Figura 32 B). Omitir este procedimiento en la granada (Figura 29 B).
- 4) Colocar la muestra dentro de un extractor manual de jugo (Figura 29 B, Figura 31 B y Figura 32 B).
- 5) Calibrar el refractómetro con agua destilada.
- 6) Verificar que el refractómetro se encuentre a 0° SST.
- 7) Colocar una gota del jugo de la muestra obtenida en el refractómetro (Figura 29 C, Figura 30 C, Figura 31 C y Figura 32 C).
- 8) Anotar el resultado obtenido y limpiar con agua destilada la zona del prisma.
- 9) Efectuar la medición subsecuente.



**Figura 29.** Procedimiento utilizado para la medición de sólidos solubles totales en granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estado Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).



**Figura 30.** Procedimiento utilizado para la medición de sólidos solubles totales en mango (*Mangifera indica*) variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estado Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).



**Figura 31.** Procedimiento utilizado en la medición de sólidos solubles totales en melocotón (*Prunus persica*), variedad Traa Zee y manzana (*Malus* sp.), Variedades Granny Smith y Fuji. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009)



**Figura 32.** Procedimiento utilizado en la medición de sólidos solubles totales en naranja (*Citrus sinensis*), variedad Navel. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).

### G. Acidez titulable.

La acidez es otro parámetro cuantitativo que se analiza con la finalidad de evaluar el grado de maduración de los frutos. Los frutos con altos niveles de maduración tienden a tener menor porcentaje de ácidos orgánicos, lo contrario sucede con los frutos inmaduros, en donde un alto porcentaje de ácidos orgánicos manifiesta el sabor desagradable de los mismos.

Para esta evaluación se utilizó el titulador automático TIM 850 Radiometer Analytical, el cual efectúa automáticamente la titulación. La máquina adiciona a cada muestra un volumen específico de NaOH, con el objetivo de que éste, neutralice la acidez del medio alcanzado un pH 8,2. Con base a la cantidad utilizada de NaOH y volumen de la muestra de jugo, determina el % de acidez que presenta el mismo, mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Acidez titulable} = \frac{\text{ml NaOH} \times N (\text{NaOH}) \times \text{meq. ácido}}{\text{ml jugo muestra}} \times 100$$

Las frutas tienden a tener mayor contenido de ciertos ácidos orgánicos, en el caso de la manzana, pera y melocotón, el predominante es el ácido málico (0,067 meq.ácido), en uva

es el ácido tártrico (0,075 meq.ácido). Por el contrario, en cítricos, cereza y piña prevalece el ácido cítrico (0,064 meq.ácido) (Mitcham *et al.* 1996).

Seguidamente se describirá el procedimiento e instrumentos utilizado por este Centro de Investigación para medir acidez titulable en frutas tropicales y subtropicales.

- 1) Limpiar la fruta.
- 2) Cortar una porción longitudinal que abarque desde la zona del cáliz hasta el pedúnculo (Figura 33 A). En el mango se extrae la semilla de la fruta y se pica todo el téjido de la pulpa restante. Con respecto a la granada y naranja, se corta  $\frac{1}{4}$  de la fruta, extrayéndole la cáscara de la naranja.
- 3) Envolver la muestra obtenida en una tela especial llamada “Cheese cloth”. Éste punto se exceptúa en la granada.
- 4) Colocar la muestra dentro de un extractor manual de jugo (Figura 33 B).
- 5) Pesar 4 g de jugo (Figura 33 C).
- 6) Adicionar 20 ml de agua destilada (Figura 33 D).
- 7) Calibrar el titulador con agua destilada, pH 4 y pH 7.
- 8) Colocar las muestras en el titulador de acidez (Figura 33 E).
- 9) Programar el tipo de ácido orgánico que se desea cuantificar (ácido cítrico, málico, tártrico y oxálico) y el número de muestras a analizar.



**Figura 33.** Procedimiento utilizado para la medición de acidez titulable en frutas tropicales y subtropicales. Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estado Unidos, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

#### **H. Fenoles.**

Todo compuesto orgánico conformado por un grupo aromático o bencénico unido a grupo hidroxilo, es categorizado químicamente como compuesto fenólico (Taiz y Zeiger 2006). A este grupo heterogéneo pertenecen alrededor de 10.000 componentes individuales. Arizona (2008) los agrupa en cuatro grupos específicos: flavonoides, ácidos fenólicos, ligninas y ácidos derivados del hidroxicinámico.

El análisis de estos compuestos aromáticos en las frutas, ha tenido un importante interés tanto por la industria del mercado fresco como la de productos procesados (jaleas, vinos y jugos), debido a que se ha comprobado las virtudes que presentan dichos compuestos como antioxidantes potenciales que disminuyen los problemas del corazón, cancerígenos, inflamatorios, hipertensión en los humanos. Sumado a este comportamiento, el consumidor ha manifestado su interés por conocer más acerca del valor nutricional de los frutos; ya que mediante estos conocimientos podrá seleccionar aquellos productos que sean más ricos en dichos componentes orgánicos (Tosun y Ustun 2003, Scalzo *et al.* 2004, López *et al.* 2005, Vangdaliand y Slimestad 2005, Vizzoto *et al.* 2006, Palou *et al.* 2007 y Vasco *et al.* 2008).

Lo anterior explica, la importancia que desempeña la cuantificación de este parámetro de calidad en granada (*Punica granatum*), ya que a partir de ésta fruta subtropical se elaboran gran variedad de subproductos industriales tales como jugos, chocolates, jaleas y vinos. Precisamente la investigación desarrollada por el laboratorio de postcosecha, consintió en analizar el efecto de diferentes daños externos inducidos en la fruta, sobre la calidad del jugo obtenido de la misma a cumplir un mes de almacenamiento a 5 °C.

Uno de los parámetros evaluados en la calidad del jugo, fue el contenido de fenoles totales, seguidamente el procedimiento implementado para la medición del mismo.

a) Preparación de las disoluciones estándares de ácido gálico.

- 1) Efectuar una disolución madre de ácido gallico a una concentración de 1 g/l
- 2) Preparar los estándares de ácido gálico, los cuales serán utilizados para cuantificar la curva estándar (Cuadro 15).

**Cuadro 15.** Concentración de los estándares a utilizar en la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

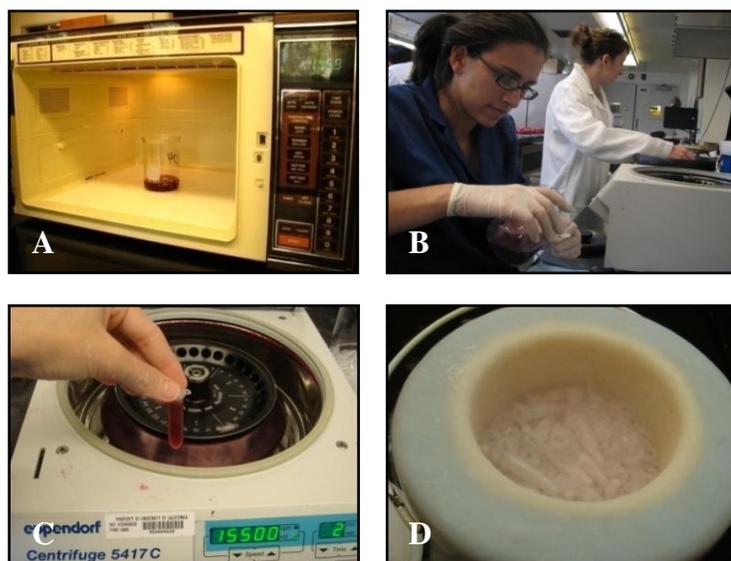
Concentración (ppm)	ml de ácido gálico	ml de agua destilada
0	0	25
40	1	24
80	2	23
120	3	22
160	4	21
200	5	20

Fuente: Villalobos M, 2008.

b) Preparación de las muestras por tratamiento.

- 1) Extraer el jugo de la granada y pasteurizarlo durante 1,2 minutos en el microondas (asegurándose de que la temperatura final del jugo sea superior a 87,7 °C) (Figura 34 A).
- 2) Colocar 2 ml de jugo de granada previamente pasteurizado en un frasco de centrifugación de 2 ml de capacidad (Figura 34 B).

- 3) Centrifugar cada muestra por dos minutos a una velocidad de 15.500 rpm (Figura 34 C).
- 4) Recolectar con una pipeta 25  $\mu\text{L}$  del jugo centrifugado y diluirlo con 975  $\mu\text{L}$  de agua destilada.
- 5) Congelar las muestras con nitrógeno líquido y colocarlas en un congelador a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 34 D).



**Figura 34.** Metodología implementada en la preparación de las muestras por cada tratamiento experimental, en la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha, Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

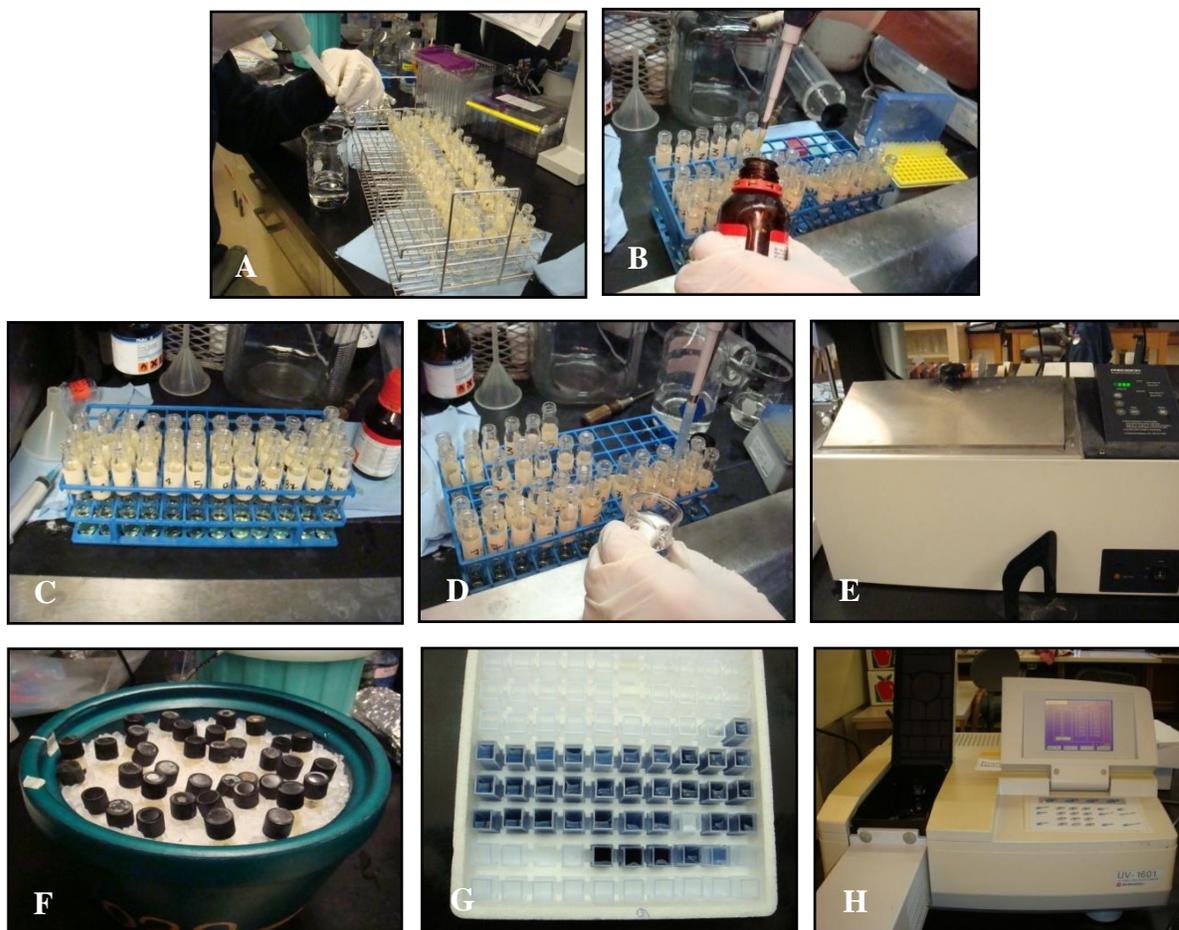
c) Preparación de las muestras para medición final de fenoles.

- 1) Etiquetar los tubos de ensayo a utilizar para la medición (incluir los de la curva estándar y las demás muestras).
- 2) Adicionar a cada tubo los reactivos descritos en el Cuadro 16. Con respecto al reactivo Folin-Ciocalteu adicionarlo en intervalos regulares (cada 10 segundos) y mezclar bien después de cada adición (Figura 35 A-B).

**Cuadro 16.** Volumen a aplicar por cada reactivo, en la preparación de las muestras para la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

<i>Reactivo</i>	<i>Volumen</i>
Agua destilada	3 ml
Folin-Ciocalteu	200 $\mu$ L
Muestra diluida y estándares	200 $\mu$ L

- 1) Incubar los tubos durante 10 minutos en un cuarto con temperatura de 25 °C (Figura 35 C).
- 2) Adicionar 600  $\mu$ l al 20% de solución de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a cada tubo y mezclar bien (Figura 35 D).
- 3) Incubar todas las muestras en un baño de agua caliente a 40 °C durante 20 minutos (Figura 35 E).
- 4) Después de la incubación, colocar inmediatamente todas las muestras en un baño de hielo durante 30 minutos (Figura 35 F).
- 5) Transferir las disoluciones contenidas en los tubos de ensayo a las cubetas. Identificar el orden de las cubetas (Figura 35 G).
- 6) Calibrar el estándar cero del espectrofotómetro y medir la absorbancia de las muestras y estándares a 755 nm (Figura 35 H).



**Figura 35.** Procedimiento utilizado para la cuantificación de fenoles totales en jugo de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

#### 4.2.1.2 Parámetros cualitativos.

Los parámetros cualitativos evaluados en cada una de las investigaciones, estudiando mediante la observación visual, se describen en el Cuadro 17.

**Cuadro 17.** Parámetros cualitativos de calidad efectuados en frutas subtropicales y tropicales en el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California dentro del período agosto 2008-enero 2009.

Fruta	Color	Daños externos	Daños internos
Granada	X	X	X
Mango	X	X	X
Manzana		X	
Melocotón	X		X
Pera	X	X	X

### A. Color.

La evaluación cualitativa de color se efectuó en las cuatro especies frutales mencionada en el Cuadro 17. Para su evaluación se utilizó escalas de colores pertenecientes a cada grupo frutal.

Para la granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful, se efectuó usando la escala de colores descrita en el Cuadro 18, otorgando un valor porcentual, de acuerdo a la intensidad de color rojo rubí, claro, rosado y blanco.

**Cuadro 18.** Escala de colores implementada en la evaluación de color externo en granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

Color	Descripción del color	Escala de valor (%)
	Rojo rubí	50
	Rojo claro	40
	Rosado	20
	Café	0
	Blanco/amarillo y otros	0

Fuente: Villalobos, M. 2009.

En mango (*Mangifera indica*) la coloración interna de la pulpa es categorizada de 1-4, en el Cuadro 19 se representa la caracterización de la misma.

**Cuadro 19.** Escala de colores utilizada en la evaluación de color interno en mango (*Mangifera indica*), variedad Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

<i>Color</i>	<i>Descripción del color</i>	<i>Escala</i>
	Inmaduro	1
	Parcialmente maduro	2
	Madurez de consumo	3
	Sobremaduro	4

Fuente: Villalobos, M. 2009.

Con respecto al melocotón (*Prunus persicae*) para la cuantificación del color externo se categorizaron cuatro intensidades de color diferentes; verde, verde claro, amarillo claro y amarillo. Con respecto a la coloración interna de la pulpa se categorizó tres estados de coloración diferentes; amarillo claro, amarillo y amarillo oscuro (Cuadro 20).

**Cuadro 20.** Escala de colores utilizada en la evaluación de color externo e interno en melocotón (*Prunus persicae*) variedad Traa Zee. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

<i>Escala</i>	<i>Color externo</i>	<i>Color interno</i>
1	Verde	Amarillo claro
2	Verde claro	Amarillo
3	Amarillo claro	Amarillo oscuro
4	Amarillo	

En el caso de las pera (*Pyrus communis*) variedad Bartlett, la escala de color utilizada es la representada en el Cuadro 21.

**Cuadro 21.** Escala de colores utilizada en la evaluación de color externo en pera (*Pyrus communis*) variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

<i>Color</i>	<i>Descripción de color</i>	<i>Escala</i>
	Verde	1
	Verde Claro	2
	Amarillo	3
	Amarillo claro	4

Fuente: Villalobos, M. 2009.

## B. Defectos o daños externos.

La evaluación de la apariencia física que muestra las frutas, es una de las principales herramientas que utiliza el consumidor para elegir los productos agrícolas que desea comprar y consumir, de ahí que este parámetro juega un importante rol, como técnica cualitativa que ayuda a estudiar el nivel de calidad que posee un fruto.

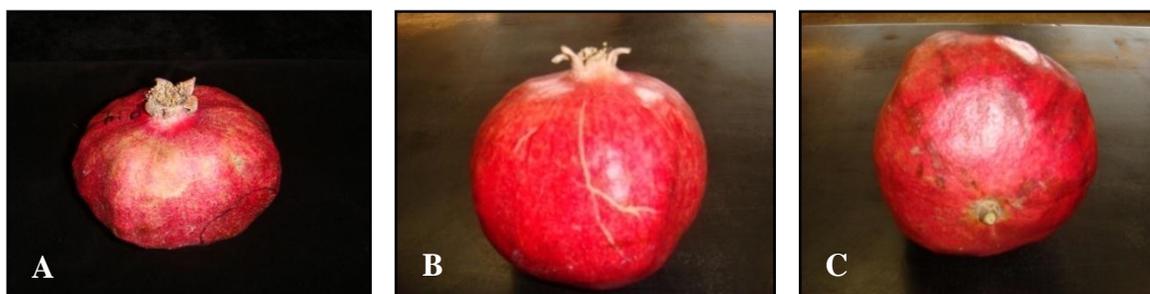
En el caso de la granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful, se determinó el grado de deformación de la fruta, arrugamiento, lesiones oscuras y claras. Para ello, en cada daño estudiado, se estableció una escala de 0-4 (Cuadro 22). Las lesiones claras y manchas oscuras, son inducidas por el golpeamiento o vibración expuesto durante la cosecha y manejo postcosecha de la misma. Finalmente, la deformación del fruto y arrugamiento, son síntomas consecuentes a la pérdida de agua que sufre la fruta, al ser almacenada a temperaturas superiores a 5 °C (Figura 36).

**Cuadro 22.** Defectos externos evaluados en granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

Nombre del defecto o daño	Nivel categórico
Deformación del fruto (mishape)	0-4
Lesión oscura (blemish dark)	0-4
Lesión clara (blemish light)	0-4
Arrugamiento (Shrivel)	0-4

Lesiones: 0=<1/4"; 1=1/4 - 1/2"; 2=1/2 - 1"; 3=1 - 2"; 4=>2"

Deformación y arrugamiento: 1=nada; 2=Leve; 3=moderado; 4=severo.



**Figura 36.** Defectos estudiados en granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. **A.** Deformación del fruto y arrugamiento. **B.** Lesión clara. **C.** Lesión oscura. (Según Villalobos, L. 2009).

En el período de estudio, el investigador Malkeet Padda, evaluó los defectos externos citados en el Cuadro 23, con la finalidad de cuantificar calidad en mangos de variedad Keitt y Tommy Atkins provenientes de diferentes países productores, tales como México, Ecuador, Perú, Brasil y California, EEUU, los cuales fueron adquiridos en diferentes supermercados locales del estado de California, tales como Save Mart, Safeway y Raley's.

El síntoma característico de cada daño, es representado en la Figura 37. Cabe destacar, que el inadecuado tratamiento térmico expuesto a esta fruta tropical, es el responsable de la incidencia del daño por lenticelas y decoloración de la piel, el cual ocasiona una apariencia desagradable en la fruta, que englobada con la presencia de otros defectos ocasionan la pérdida del valor comercial del producto.

**Cuadro 23.** Desórdenes fisiológicos y patológicos evaluados en mango (*Mangifera indica*), variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

Nombre del defecto o daño	Nivel categórico
Manchas por lenticelas	0-3
Decoloración de la piel	0-3
Arrugamiento	0-3
Cortes o heridas	0-3
Colapso del pedúnculo	0-3
Quema de látex	0-3
Olor	0-3
Antracnosis	0-3

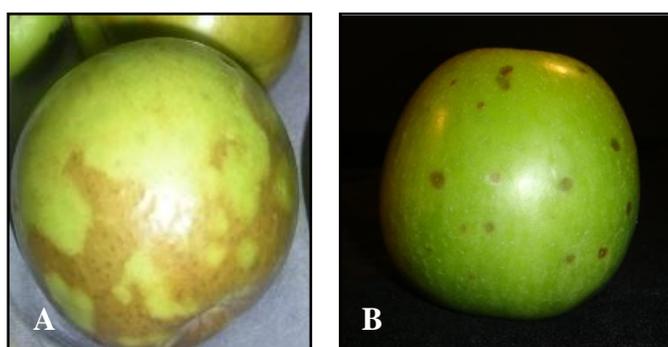


**Figura 37.** Daños externos evaluados en mango (*Mangifera indica*), variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. **A.** Daño de lenticelas. **B.** Arrugamiento. **C.** Colapso del pedúnculo. **D.** Antracnosis. **E.** Heridas y cortes. **F.** Quema por látex. (Según Villalobos, L. 2009).

La manzana (*Malus* sp.) tiende a desarrollar ciertos desórdenes fisiológicos, una vez de que son removidas del almacenamiento en frío y colocadas posteriormente a temperaturas cálidas para inducir su maduración y con ello obtener las características organolépticas de consumo. Estas se observan en la Figura 38, la primera de ellas es la escaldadura de almacenamiento, que al parecer es inducida por la acumulación de compuestos tóxicos volátiles durante el almacenamiento, especialmente debido a la oxidación del  $\alpha$ -farnesene (Golding *et al.* 2003, Li *et al.* 2007, Gapper *et al.* 2006).

Actualmente, la industria busca nuevas alternativas que minimicen la utilización del producto químico DPA (Defenilamina), el cual es utilizado comercialmente para el control de esta fisiopatía. Es por ello, que investigadores de este laboratorio, estudian la aplicación de atmósferas controladas con bajo contenido de oxígeno para el control de la misma. Ya que cuando la glucólisis (una de las etapas de la respiración celular) se realizan bajo

condiciones anaeróbicas, el oxígeno al ser limitante provoca que el piruvato se convierta en acetaldehído, que finalmente termina convirtiéndose en etanol. Por lo tanto, al estar expuesta la fruta a altas concentraciones de etanol, disminuye el desarrollo de la escaldura durante largos períodos de almacenamiento, sumado a que también se considera que la producción de etileno en el fruto estimula la incidencia de este desorden fisiológico, que al ser limitante el oxígeno en las condiciones de almacenamiento, se impide que el aminoácido cíclico ACC interactúe con el  $O_2$  y sintetice el etileno (Salisbury y Ross 2002; Golding *et al.* 2003, Padda 2009<sup>7</sup>).



**Figura 38.** Desórdenes fisiológicos estudiados en manzana (*Malus* sp.), variedades Granny Smith y Fuji. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. **A.** Escaldadura de almacenamiento (scald). **B.** Picado amargo (Bitter pit). (Según Villalobos, L. 2009).

El otro desorden fisiológico, es conocido como picado amargo (Bitter pit), para el cual todavía no se tiene claro cuales son las causas que provocan su incidencia, siendo esta la razón principal, para que estudiantes de posgrado del Laboratorio de Postcosecha, investiguen diferentes tecnologías para su control, específicamente productos a base de calcio, reguladores de crecimiento y tratamientos térmicos que son aplicados después de la cosecha, antes del almacenamiento de la fruta. Debido a que se considera, que las deficiencias de calcio y excesos de ciertos reguladores de crecimiento (giberelinas y auxinas) en la planta sean los responsables de la severidad de este problema. A diferencia de la escaldadura, las lesiones por picado amargo llegan a transpasar la cáscara, afectando

---

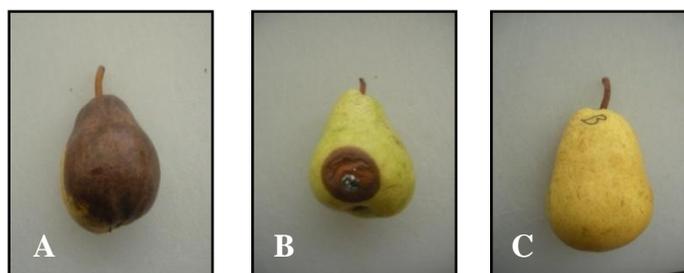
<sup>7</sup> Padda, M. 2009. Mecanismos para el control de escaldadura en manzana variedad Granny Smith (correo electrónico). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

con ello la pulpa de la fruta también. Cabe mencionar, que los síntomas iniciales se desarrollan alrededor de cáliz y porción media de la manzana, posteriormente las machas llegan a desarrollarse en otras partes de la fruta. Un factor importante de recalcar, es que dependiendo de la variedad o cultivar, la susceptibilidad varía. En la investigación señalada, se trabajó con dos variedades diferentes: Granny Smith y Fuji, siendo esta última, altamente resistente a la incidencia de este problema postcosecha (Tonetto y Amarante 2009<sup>8</sup>).

En las peras europeas variedad Bartlett, los desórdenes fisiológicos estudiados son: escaldadura, incidencia de pudriciones ocasionadas por microorganismos y pérdida de agua (Cuadro 24) debido al aumento de la tasa respiratoria y transpiración durante el almacenamiento a -1,1 °C (Figura 39).

**Cuadro 24.** Defectos externos evaluados en pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett. Laboratorio de postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

Nombre del defecto o daño	Nivel categórico
Escaldadura (scald)	0-3
Pudriciones (decay)	0-3
Pérdida de agua (water loss)	0-3



**Figura 39.** Defectos externos evaluados en pera (*Pyrus* sp.), variedad Bartlett. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. **A.** Escaldadura de almacenamiento. **B.** Pudrición por microorganismos. **C.** Arrugamiento por pérdida de agua. (Según Villalobos, L. 2009).

<sup>8</sup> Tonetto y Amarante. 2009. Métodos de control del desorden fisiológico Bitter pit en manzana Granny Smith y Fuji (entrevista). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

### **C. Defectos o daños internos**

En su conjunto las frutas tanto externa como internamente deben conservar su calidad. No obstante, ésta última es imposible de evaluar por parte el consumidor, en el momento en que este selecciona las frutas que adquirirá en el supermercado o mercados locales.

Frecuentemente sucede que en el supermercado seleccionamos frutas que aparentemente por sus características externas satisfacen nuestros umbrales de calidad. Sin embargo, cuando llegamos a consumirlas a nuestro hogar, nos enfrentamos con la sorpresa que internamente su calidad es escasa; presenta pardeamientos, degradaciones o pudriciones internas.

Lo anterior explica, la importancia que desempeña la evaluación interna en las frutas para cuantificar la calidad global de las mismas. Aunque, actualmente las técnicas utilizadas se caracterizan por ser de alto costo, destructivas y laboriosas, debido a que se debe pelar y partir el fruto para determinar su calidad interna, viéndose obligada la industria de efectuar muestreos al azar en la producción, para determinar su estado interno. Teniendo su fuente de error dicho procedimiento, ya que los resultados obtenidos de las muestras, no representan con exactitud el estado de madurez general, de toda la producción.

Es por esta razón, que actualmente se están investigando alrededor del mundo, otras técnicas no destructivas para cuantificar tanto la calidad externa e interna. Inclusive, ya en algunos países, tales como Estados Unidos, España, Nueva Zelanda, Holanda, Japón, Guatemala y México se implementan tecnologías NIRs (Espectrofotometría de reflectancia en el infrarrojo cercano) y resonancia magnética en las líneas de producción, para cuantificar defectos externos e internos, así como medir SST, acidez, residuos de agroquímicos, coloración interna y firmeza. Basándose específicamente en la utilización de rayos infrarrojos, los cuales son emitidos por una fuente de poder hacia la fruta, que mediante la cuantificación de rayos reflejados o transmitidos por la fruta (evaluado por un detector), se estiman ecuaciones matemáticas en un software especializado, que establece los valores

estimados de cada uno de los parámetros de calidad mencionados (Abarca 2009<sup>9</sup>). Mediante la utilización de estas tecnologías en las líneas de empaque, se podría garantizar con mayor exactitud la calidad de los frutos de una manera individual, contribuyendo a satisfacer los gustos del consumidor final (Namesny 2002, Costa *et al.* 2003, Nicolai *et al.* 2003, Butz *et al.* 2005, García *et al.* 2005 y Nicolai *et al.* 2007).

No obstante, cabe destacar que las tecnologías utilizadas por este Centro de Investigación, para evaluar calidad interna mediante técnicas cualitativas, se caracterizan por ser destructivas, es decir es necesario, pelar, partir y desmoler el fruto. A continuación en detalle, los diferentes parámetros internos estudiados por cada especie frutal.

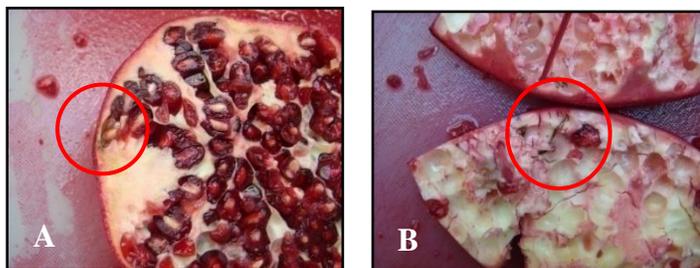
En la investigación con granada, se perseguía evaluar el efecto de la aplicación de golpes inducidos en la fruta, sobre la calidad externa e interna de la misma. Para ello se utilizaron diferentes materiales de rozamiento (cartón, plástico, rodillos, rejillas) que simulan el mismo comportamiento de vibración y rozamiento a la cual se ve expuesta la fruta desde la cosecha y los procedimientos subsecuentes en la planta de empaque. Es por ello, que para cuantificar la intensidad de daño a nivel interno, se cuantificó los parámetros descritos en el Cuadro 25 y Figura 40.

**Cuadro 25.** Parámetros internos evaluados en granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

Nombre del defecto o daño	Nivel categórico
Aril aplastado (Aril crushing)	0-3
Daño de la piel (peel damage)	0-3

0=<1/4" (0,63cm); 1=entre 1/2" y 1/4" (1,27-0,63cm); 2= entre 1" y 1/2" (2,54-1,27cm); 3=entre 2" y 1" (5,08-2,54cm).

<sup>9</sup> Abarca, M. 2009. Máquina SACMIF5 para evaluar parámetros de calidad en frutas, mediante métodos no destructivos (correo electrónico). Agencia autorizada SACMI, Centroamérica. San José, Costa Rica.



**Figura 40.** Parámetros internos estudiados en granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. **A.** Aril aplastado. **B.** Daño interno de la piel (IPD). (Según Villalobos, L. 2009).

En mango (*Mangifera indica*), el principal daño interno que afecta la fruta es el pardeamiento vascular que es ocasionado cuando la fruta es expuesta inadecuadamente al tratamiento térmico, el cual es utilizado como parte del manejo postcosecha para controlar algunas plagas, especialmente los estadios larvarios de las moscas de la fruta y antracnosis. En la Figura 41, se representa los síntomas característicos, categorizados según la intensidad del daño.



**Figura 41.** Síntoma del pardeamiento vascular en mango (*Mangifera indica*), variedades Tommy Atkins y Keitt. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

Con respecto al melocotón (*Prunus persicae*) variedad Traa Zee, el principal desorden interno que afecta esta fruta subtropical es el daño por frío (Cuadro 26), el cual genera la incidencia de otros defectos internos tales como la degradación o pardeamiento interno (intinternal browning or breakdown) y pérdida del jugo o harinosidad (mealiness), siendo

categorizado la severidad de daño, de 0-3 para cada una de estas fisiopatías (Lurie 1992, Crisosto *et al.* 1995, Crisosto y Kader 2000b, Crisosto 2002, Crisosto y Lurie 2005 y Crisosto y Valero 2006b).

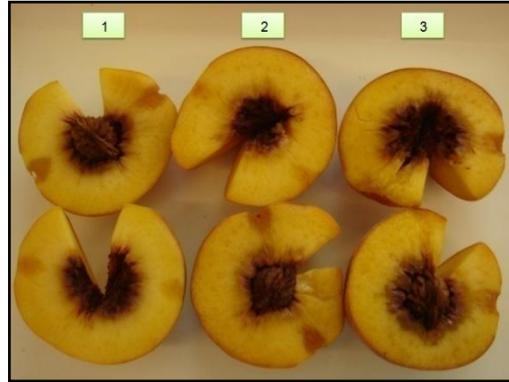
El pardemiento interno además de ser causado por la exposición de la fruta a bajas temperaturas (Figura 42), aumentando su incidencia a temperaturas de 2,2 y 7,8 °C, diferentes investigadores han señalado que este desorden está relacionado con la senescencia y deterioro de los tejidos de las células, específicamente cuando suceden cambios en la permeabilidad de las membranas y la interacción entre fenoles y polifenol oxidasa (PPO), los cuales generalmente se encuentran en compartimentos separados en las células vegetales, debido a que los compuestos fenólicos se encuentran en la vacuola y la enzima PPO se encuentra en el citosol de la célula (Kader y Chordas 1984 citado por Crisosto y Lurie 2005).

En relación al otro desorden causado por el daño por frío, autores como Arie y Lavee (1971), Buescher y Furmanski (1978), Zhou *et al.* (2000) citados por Crisosto y Lurie (2005), señala que la presencia de harinosidad o pérdida de jugo (mealiness) es ocasionada por una reducción en el contenido de pectinas en la fruta, en especial la pectina Methylesterasa (PME).

**Cuadro 26.** Defectos internos evaluados en melocotón (*Prunus persicae*), variedad Traa Zee. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008.

Nombre del defecto o daño	Nivel categórico
Harinosidad (mealiness)	0-3
Degradación interna (IB)	0-3

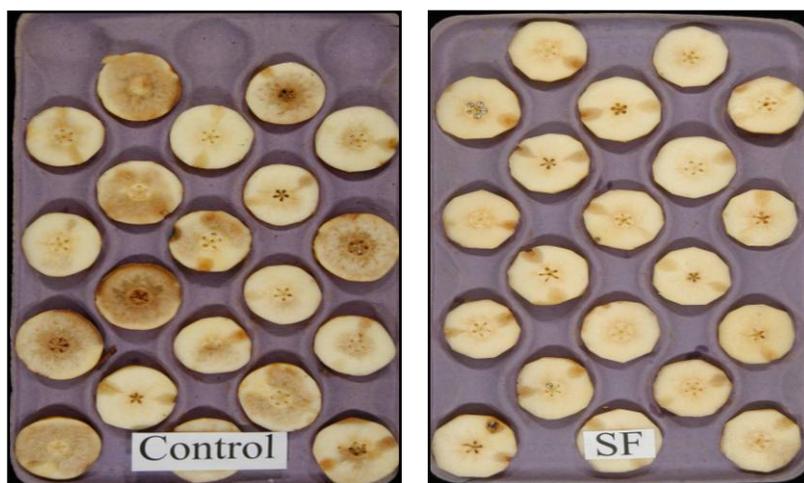
Escala: 0=nada; 1=Leve; 2=moderado; 3=severo.



**Figura 42.** Síntoma de degradación interna en melocotón (*Prunus persicae*), variedad Traa Zee. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

En la peras europeas variedad Bartlett, el principal desorden fisiológico interno, es la degradación o pardeamiento interno (internal breakdown o browning), el cual, al igual que el melocotón es causado por la oxidación de los componentes fenólicos a quinonas, siendo la polifenol oxidasa (PPO) la principal enzima encargada de la oxidación (Mayer y Harel 1979 citado por Larrigaudiere *et al.* 1998, Veltman y Peppelenbos 2003).

En la Figura 43, se observa los síntomas característicos de esta fisiopatía. El tratamiento control; el cual no fue aplicado con el producto comercial inhibidor de la acción de etileno SmartFresh<sup>MT</sup>, antes del almacenamiento a -1,1 °C, presentó mayor incidencia de pardeamiento interno que el observado en peras del tratamiento con la aplicación de SmartFresh<sup>MT</sup> (1-MCP).



**Figura 43.** Síntomas característicos del desorden fisiológico de degradación o pardeamiento interno en pera (*Pyrus communis*), variedad Bartlett. Almacenadas durante seis meses a  $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  más cinco días a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU. 2009. (Según Villalobos, M. 2009).

#### **4.2.2 Control de plagas cuarentenarias a nivel postcosecha.**

La calidad de los productos frutícolas y agrícolas en general, no solamente está determinada por la apariencia física (externa e interna), sino que existe otro elemento esencial, llamado inocuidad y seguridad alimentaria. Lo anterior, manifiesta la importancia que implica para la industria frutícola del mercado fresco, asegurar la inocuidad total de sus productos; libres de microorganismos (bacterias, hongos y virus), insectos, semilla de malezas y residuos de agroquímicos.

California, es el estado con mayor producción agrícola a nivel local de los Estados Unidos, lo cual lo convierte en el estado con mayor volumen de exportación de frutas subtropicales alrededor del mundo. Esto refleja, la importancia que es para ésta región, contar con paquetes tecnológicos que garanticen calidad global de las frutas, asegurando al importador que el producto adquirido, está libre de cualquier vector que pueda afectar los cultivos agrícolas locales.

En el sector vinícola, en especial los mercados oferentes de uva de mesa, tienen una plaga poco común, llamada viuda negra (*Latrodectus* sp.) (Figura 44 A). Es peculiar, en el sentido de que la misma no afecta la fruta como tal (calidad externa e interna), debido a que es carnívora (se alimenta de insectos). No obstante, representa una amenaza eminente para el consumidor, al encontrarla en los racimos distribuidos en el mercado. Para su control, se han utilizado diferentes insecticidas de alto espectro, tales como bromuro de metilo, fenpropatrin, Clorpirifos y Metomil. A excepción del primero, los otros son permitidos aún en el mercado (Hernández *et al.* 2005, Bentley *et al.* 2008). Sin embargo, en busca de otras alternativas más efectivas, el Laboratorio de Postcosecha investiga la aplicación de dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>) a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de exposición para el control de este arácnido.

En tutela con la investigadora Veronique Bikoba, se realizaron diferentes actividades relacionadas con este proyecto. La primera de ellas, consistió en la recolección de las arañas (*Latrodectus* sp.), las cuales se capturaron especialmente en parcelas hortícolas de estudiantes de U.C.Davis, así como los garajes y alrededores de diversos edificios de la universidad. Estas se caracterizan por habitar en maceteros sin uso, debajo de troncos y piedras, así como lugares poco inocuos. Posteriormente, se alimentó en forma semanal las mismas con larvas de coleópteros y moscas de la fruta (*Drosophila* sp.) (Figura 44 B). Cuando las arañas alcanzan el tamaño suficiente, se les efectuó la aplicación del SO<sub>2</sub>, por lo que antes de su aplicación, se colaboró en la preparación de los tratamientos; el cual consistió básicamente en acomodar y etiquetar las uvas en bolsas, colocando de dos a tres arañas por bolsa, para su posterior fumigación en una cámara especializada (Figura 44 C).



**Figura 44.** Actividades desempeñadas en el proyecto de investigación sobre el control de viuda negra (*Latrodectus* sp.), en uva variedad Thompson. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU. 2008. (Según Villalobos, L. 2009).

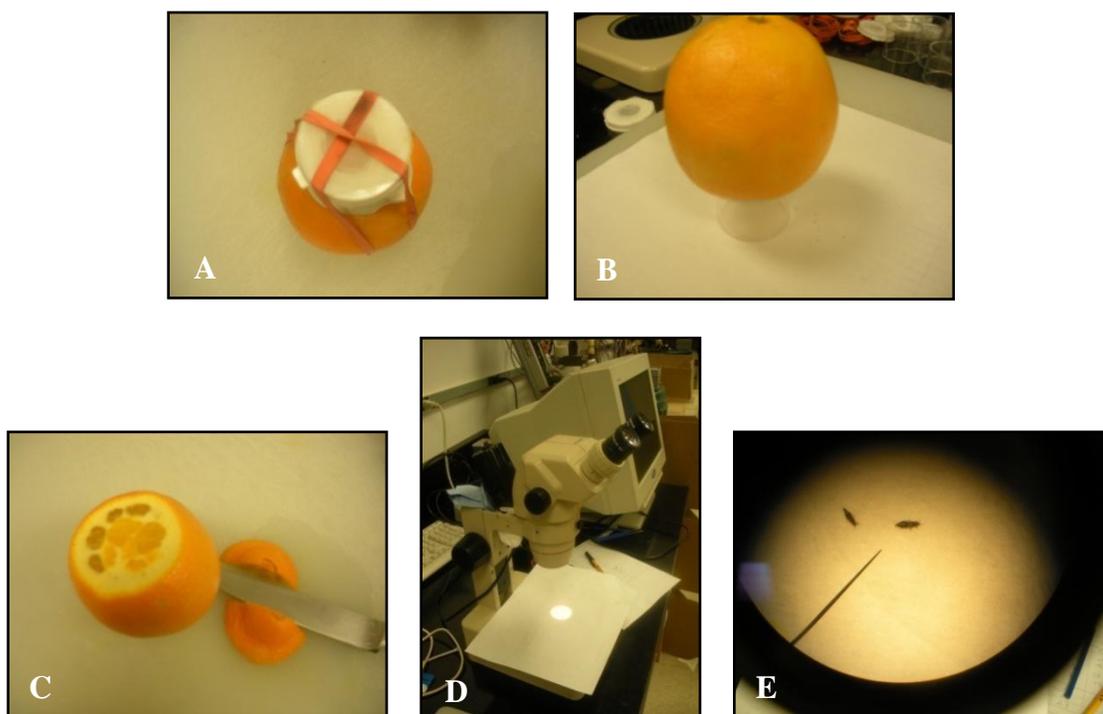
Otro de los proyectos desarrollados en el control de plagas cuarentenarias, es el estudio de la aplicación del producto Vapormate (Etilformato + CO<sub>2</sub>), a diferentes concentraciones (1%, 2%, 0,75% y 0,5%) y tiempos de fumigación, en el control de trips (*Frankliniella occidentalis*) en naranja (*Citrus sinensis*) variedad Navel. Esto, con la finalidad de encontrar nuevas alternativas que sustituyan al Bromuro de metilo, el cual fue uno de los principales fumigantes utilizados por la industria, para el control de este insecto a nivel de postcosecha (Ryan *et al.* 2004, Simpson *et al.* 2007, Bikoba 2009<sup>10</sup>).

En dicho experimento, se colaboró evaluando la efectividad de la aplicación del producto químico. Mediante la cuantificación del número de trips sobrevivientes o muertos por el efecto del Vapormate (Etilformato + CO<sub>2</sub>), momentos después de su fumigación. La metodología utilizada para dicho fin, se describe a continuación.

- 1) Destapar el área donde reposan los trips (Figura 45 A).

<sup>10</sup> Bikoba V. 2009. Consultas acerca del control cuarentario en viudas negras y trips (correo electrónico). Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU.

- 2) Colocar en la naranja en posición invertida sobre una hoja de papel (Figura 45 B).
- 3) Golpear la naranja, con la finalidad de incentivar la salida de los trips hacia el exterior (Figura 45 B).
- 4) Cortar transversalmente el ombligo de la naranja (Figura 45 C).
- 5) Medir la distancia alcanzada por cada insecto en el interior del ombligo de la naranja.
- 6) Determinar la cantidad de insectos vivos y muertos, por cada tratamiento con ayuda de un estereoscopio (Figura 45 D-E).



**Figura 45.** Procedimiento utilizado en el estudio de la efectividad del producto Vapormate (Etilformato + CO<sub>2</sub>), para el control de trips en naranja (*Citrus sinensis*) variedad Navel. Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, EEUU, 2009. (Según Villalobos, L. 2009).

## 5. CONCLUSIONES

- 1) Las actividades de campo desarrolladas durante la práctica de especialidad en el Laboratorio de Postcosecha de U.C.Davis estuvieron vinculadas en la ejecución de la cosecha, empaque y transporte de la Granada (*Prunus persicae*) variedad Wonderful, manzana (*Malus* sp.) variedad Granny Smith y Fuji y pera (*Pyrus communis*) variedad Barlett.
- 2) Las actividades de laboratorio ejecutadas en esta práctica de especialidad se focalizaron en la evaluación de parámetros cuantitativos y cualitativos en el análisis de calidad en frutas. Así como las diferentes tareas vinculadas con la preparación de los tratamientos experimentales en las investigaciones relacionadas al control de plagas cuarentenarias en uva (*Vitis vinifera*) y naranja (*Citrus sinensis*).
- 3) Los parámetros cuantitativos evaluados en el análisis de factores de calidad en frutas tropicales y subtropicales fueron: etileno, dióxido de carbono, peso y tamaño, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y fenoles.
- 4) Los parámetros cualitativos implementados en el Laboratorio Postcosecha de la Universidad de California en Davis para el análisis de calidad de frutas tropicales y subtropicales son: color, defectos externos e internos.
- 5) La utilización de parámetros cuantitativos para determinar niveles de calidad en frutas, constituye la metodología idónea en la obtención de datos más exactos y precisos en las pruebas experimentales.
- 6) El principal desorden fisiológico que afecta el manejo postcosecha de la granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful y melocotón (*Prunus persicae*) variedad Traa Zee, es el daño por frío.
- 7) El pardeamiento vascular en la semilla de mango (*Mangifera indica*), así como la incidencia de antracnosis, decoloraciones en la piel, daño por lenticelas, heridas y rajaduras, constituyen los principales factores que afectan la calidad de ésta fruta tropical.

- 8) En manzana (*Malus sp.*) variedades Fuji y Granny Smith, las principales fisiopatías que afectan la calidad de este fruto subtropical en el manejo postcosecha son el picado amargo y la escaldadura.
- 9) La escaldadura de almacenamiento, escaldadura de senescencia, degradación interna, así como la incidencia de moho gris y azul, constituyen los principales fisiopatías y enfermedades postcosecha que afectan la calidad de la pera (*Pyrus communis*) variedad Bartlett, durante el almacenamiento y etapas posteriores.
- 10) Se comprobó la efectividad del inhibidor de la acción del etileno 1-MCP para prolongar la vida en anaquel de las peras europeas Bartlett, al controlar la maduración de los frutos, disminuyendo la incidencia de desórdenes fisiológicos tales como escaldadura de almacenamiento, escaldadura de senescencia y degradaciones internas durante el manejo postcosecha.
- 11) Para garantizar la calidad global de las frutas, se deben establecer en conjunto técnicas sinérgicas a través de todo el ciclo productivo, las cuales van desde la pre-siembra, post-siembra, pre-cosecha y postcosecha de la fruta. Esto con la finalidad de garantizar la inocuidad del producto y satisfacer las expectativas del consumidor final.
- 12) La crisis alimentaria y económica global que vivimos en esta época, pone en manifiesto la necesidad de mejorar constantemente las tecnologías y metodologías postcosecha utilizadas actualmente por la industria frutícola.

## **6. RECOMENDACIÓN**

Considero importante que el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, desarrolle e implemente convenios con universidades internacionales, con el fin de ofrecer a los estudiantes un valor agregado al plan de estudios. Igualmente reflexiono; en la sede debe asignarse una persona debidamente preparada, para que informe mediante seminarios y charlas, las posibilidades de pasantías universitarias y posgrados en el exterior, así como programas de financiamiento. Recordemos que la ciencia y tecnología agrícola se incrementa de forma exponencial, de ahí la importancia que los egresados y los futuros ingenieros (as) agrónomos de Costa Rica, estén debidamente capacitados y preparados, para desafiar los retos que como país, nos exigen los mercados internacionales de la industria agroalimentaria.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Arauz, F; Mora, D. 1983. Evaluación preliminar de los problemas postcosecha de seis frutales tropicales en Costa Rica (en línea). *Agronomía Costarricense*: 7(2):43-53. Consultado 17 abr. 2008. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v07n1-2\\_043.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v07n1-2_043.pdf).

Arias, B; Carrizales, L. 2007. Control químico de la antracnosis del mango (*Mangifera indica*) en pre y postcosecha en el municipio de cedeño, estado de Monagas, Venezuela (en línea). *Venezuela, Bioagro* 19(1):19-25. Consultado ene. 2009. Disponible en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612007000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612007000100003&script=sci_arttext).

Arias, C; Toledo, J. 2000. Manual de manejo postcosecha de papaya, piña, mango y plátano (en línea). Italia, FAO. Consultado 27 abr. 2008. Disponible en <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>.

Arizona, G. 2008. Phenolic compounds in plants (en línea). Consultado 05 dic. 2008. Disponible en <http://www.organicashitaba.com/pc.html>. Consultado el 14 de diciembre del 2008.

Artés, F; Villaescusa, R; Tudela, J. 2000. Modified atmosphere packing of pomegranate. *Revista Food science*, 65(7):1112-1116.

Asociación de Productores de Manzanas de California, US. 2008. Introduction about apples (en línea). Consultado 20 nov. 2008. Disponible en <http://www.calapple.org/index.php?n=1&id=1>.

Avilán, L; Rodríguez, M; Ruiz, J. 1995. El cultivo del manguero en Venezuela: Cuando y Como realizar la cosecha (en línea). Venezuela, CENIAP. Consultado 26 oct. 2008. Disponible en [www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd48/texto/manguero.htm](http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd48/texto/manguero.htm).

Balla, E. 2004. La célula vegetal: la vacuola. Consultado el 01 de febrero del 2009. Córdoba, AR. Disponible en [www.ilustrados.com/.../EpZyVEEFVupsLyhXwt.php](http://www.ilustrados.com/.../EpZyVEEFVupsLyhXwt.php).

Baraona, M; Sancho, E. 1991. Fruticultura especial: mango. San José, CR, EUNED, 72 p.

Bentley, W; Varela L; Zalom, F; Smith, R; Purcell, A; Phillips, P; Haviland, D; Daane, K; Battany, M. 2008. Black Widow spiders in grapes (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 23 feb 2008. Disponible en <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r302302311.html>

Borris, H; Brunke, H. 2006. Commodity profile: peaches and nectarines (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 05 dic. 2008. Disponible en <http://aic.ucdavis.edu/profiles/Peach-2006B.pdf>.

Bruhn, C. 2002. Consumer Issues in quality and safety. *In* Kader, A. ed. 3 ed. Postharvest technology of horticultural Crops. David, US, University of California. p. 37-44.

Butz, P; Hofmann, C; Tauscher, B. 2005. Recent developments in noninvasive Techniques for fresh fruit and Vegetable Internal Quality Analysis. *Revista Journal of food science* 70(9):131-141.

Calvo, G. s.f. Nuevas técnicas en el manejo postcosecha para mejorar la calidad de peras (en línea). Argentina, INTA. Consultado 11 oct. 2008. Disponible [http://www.inta.gov.ar/altovalle/actividad/investigacion/poscosecha/pdf/CALVO\\_Curso\\_Pera.pdf](http://www.inta.gov.ar/altovalle/actividad/investigacion/poscosecha/pdf/CALVO_Curso_Pera.pdf).

Chavarrías, M. 2008. Tomates con salmonella: EE.UU registra un importante brote de intoxicación alimentaria por la presencia de salmonella en tomates (en línea). España, CONSUMER. Consultado 01 dic. 2008. Disponible en <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2008/06/30/178140.php>.

Coonaprosal, CR. 2008. Mango Fresco (en línea). San José, CR. Consultado 27 oct. 2008. Disponible en <http://www.coonaprosal.com/es/producto-mangos.html>.

Costa, G; Noferini, M; Fiori, G; Orlandi, A; Miserocchi, O.2003. Non-destructive technique to assess internal fruit quality. *Acta Hort* 604:571-576.

Crisosto, C; Mitchell, G; Johnson, S. 1995. Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest news and information* 6:217-221.

\_\_\_\_\_ ; Mitchell, G; Ju, Z. 1999. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. *HortScience* 34(6):1116-1118.

\_\_\_\_\_.2000 a. Asian pears: Postharvest Quality Maintenance Guidelines (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 01 nov. 2008. Disponible en <http://www.uckac.edu/postharv/PDF%20files/Guidelines/asianpear.pdf>

\_\_\_\_\_ ; Kader, A. 2000b. Peach: postharvest quality maintenance guidelines (en línea). Davis, US, University of California. Consultado el 05 de dic. 2008. Disponible en [www.uckac.edu/postharv/PDF%20files/Guidelines/peach.pdf](http://www.uckac.edu/postharv/PDF%20files/Guidelines/peach.pdf)

\_\_\_\_\_. 2002. How do we increase peach consumption? *Acta Hort*. 592: 601-605.

\_\_\_\_\_ ; Lurie S. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest biology and technology* 37(3):195-208.

\_\_\_\_\_; Mitcham, E; Kader, A. 2006a. Asian Pears: Recommendations for maintaining Postharvest Quality (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 28 abr. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/Fruit/asianpear.shtml>.

\_\_\_\_\_; Valero, C. 2006b. "Ready to eat " maduración controlada de la fruta de hueso en cámara (en línea). Davis, US, University of California. Revista horticultura tecnología de postcosecha 90:32-37. Consultada 05 dic. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-590.pdf>.

\_\_\_\_\_; Mitcham, E; Kader, A. 2009a. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality pomegranate. Davis, US, University of California. Consultado 01 ene. 2009. Disponible en [http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/pomegranate\\_graphics.shtml](http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/pomegranate_graphics.shtml).

\_\_\_\_\_; Mitcham, E; Kader, A. 2009b. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality Peaches and Nectarines. Davis, US, University of California. Consultado 28 ene. 2009. Disponible en [http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/pomegranate\\_graphics.shtml](http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/pomegranate_graphics.shtml).

Demerutis, C. 1996. Apuntes del curso de procesos fisiológicos y sistemas postcosecha. Guápiles, CR, EARTH. 101 p.

\_\_\_\_\_.1997. Apuntes del curso de procesos fisiológicos y sistemas postcosecha. Guápiles CR. EARTH. 101 p.

Diezma, B; Ruiz, M. 2004. Propiedades acústicas aplicadas a la determinación de parámetros de calidad interna en productos hortofrutícolas. Revista acústica 35(3):20-25.

Elyatem, S; Kader, A. 1984. Postharvest physiology and storage behaviour of pomegranates fruits. *Scientia Hort* 24:287-298.

Evans, E. 2008. Recent trends in world and U.S. mango production, trade and consumption (en línea). Florida, US. Consultado 02 Feb. 2009. Florida, US. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FE/FE71800.pdf>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL). 1987. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas (en línea). Consultado 27 abr. 2008. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S00.htm#Contentsde>.

\_\_\_\_\_.1993. Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos (en línea). Roma, IT. Consultado 27 abr. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0073s/T0073S00.htm#Contents>.

\_\_\_\_\_.2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas (en línea). Consultado 27 abr. 2007. Balcarce, AR. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s00.HTM>.

Galván, P; Santos, N; Hernández, C. 2006. Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. *Revista tema de ciencia y tecnología* 10(30):3-8.

García, F; Valero, C.; Homer, I.; Ortiz-Cañavate, J.; Ruiz-Altisent, M.2005. Non-destructive fruit firmness sensor: a review. *Revista Spanish Journal of Agricultural Research* 3(1): 61-67.

García, T. 2004. Evaluación de las propiedades físicas y químicas en la maduración de la piña (*Ananas comosus* L.) Tesis Licenciatura en México, Universidad Autónoma de Chapingo. 49 h.

Gapper, N; Baid, J; Whitaker, B. 2006. Inhibition  $\alpha$ -farnese synthase gene PCAFS1 expression in d Anjou pears with 1-MCP reduce synthesis and oxidation of  $\alpha$ -farneseand delay development of superficial scald. Revista postharvest biology abd technology 41:225-233.

Gimferrer, N. 2008. Radiaciones ionizantes en alimentos (en línea). España, CONSUMER. Consultado 2 dic. 2008. Disponible en <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-ytecnologia/2008/11/10/181279.php>.

Golding, J; Wang, Z; Dilley, D. 2003. Role of alcohol dehydrogenase in preventing superficial scald in apples. Acta Hort 600:267-269.

Harris, L; Yada, S; Mitcham, E. 2007. Apples: Safe methods for store, preserve, and enjoy. Davis, US, University of California, n° 8229.

Hernández, R. 2005. Acidez y pH (en línea). Mérida, VE. Consultado 27 abr. 2008. Disponible en <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/acidez/>.

Hernández, P; Kent, D; Lawson, A; Yokoto,G. 2005. Efficacy of several pesticides of table grape to control the black widow spider *Latrodectus hesperus* (Araneae: Theridiidae) collected from California table grape vineyards (en línea). Estados Unidos, California State University. Consultado 23 feb. 2009. Disponible en [http://esa.confex.com/esa/2005/techprogram/paper\\_21957.htm](http://esa.confex.com/esa/2005/techprogram/paper_21957.htm).

Hess-Pierce, B; Kader, A. 2003. Responses of Wonderful pomegranates to controlled atmospheres. Acta Hort 600:751-757.

INFOAGRO. 2008. El cultivo de mango (en línea). España. Consultado 09 mayo 2008. Disponible en [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/mango.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango.htm).

Jiménez, J. 1999. Cultivo de piña. Cartago, CR, ET. 224 p.

Jones, W; Brunner, J; Chang-Lin, X. 2007. Guide to apple postharvest defects and disorders card. Estados Unidos, University of Washington. Consultado 20 nov. 2008. Disponible en [http://entomology.tfrec.wsu.edu/Cullage\\_Site/Cards/Physiol.html](http://entomology.tfrec.wsu.edu/Cullage_Site/Cards/Physiol.html).

Kitinoja, L; Kader, A. 2002. Técnicas de manejo postcosecha a pequeña Escala: Manual para productores Hortofrutícolas. 4 ed. Davis, US, Universidad de California. 260 p.

Kader, A. 2002a. Postharvest technology of horticultural Crops. 3 ed. Davis, US, University of California. 535 p.

\_\_\_\_\_. 2002b. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality in mango (*Mangifera indica*). Davis, US, University of California. Consultado 18 ago. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/mango.shtml>

\_\_\_\_\_. 2007. Controlled Atmospheres in European pears. *In* Mitcham, E; Elkins, R.eds. Pear production and handling manual. Davis, US, University of California. p. 175-177.

\_\_\_\_\_. 2008. Parámetros de calidad y estándares de clasificación en mango: Revisión de información disponible y futuras necesidades de investigación. Davis, EEUU, Universidad de California. 33 p.

Kupferman, E. 2001a. Storage scald of apples (en línea). Estados Unidos, Washington State University. Consultado 28 nov. 2008. Disponible en <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/EMK2000C.pdf>.

\_\_\_\_\_. 2001b. Controlled atmosphere storage of apples and pears (en línea). Estados Unidos, Washington State University. Consultado 28 nov. 2008. Disponible en <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/EMK2001D.pdf>.

\_\_\_\_\_; Gutzwiler, J. 2002. Effects of DPA drenching on newer apple varieties. Estados Unidos, Washington State University. Consultado 29 nov. 2008. Disponible en <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/EMK2002C.pdf>.

Kupper, W; Pekmezci, M; Henze, J. 1995. Studies on CA-storage of pomegranate (*Punica granatum*). Revista Acta Hort 398:101-108.

Larrigaudiere, C; Lentheric, I; Vendrell, M. 1998. Relationship between enzymatic browning and internal disorders in controlled atmosphere stored pears. Revista Science food agriculture 78:232-236.

Li, M; Sui, Na; Zhang, Y. 2007. Cloning of  $\alpha$ -farnesene synthase DNA and its expression in relation to  $\alpha$ -farnesene synthesis in white Pearmain Apple. Revista Acta Hort 763:245-50.

López, V; Conesa, A; Allende, A; Artés F. 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. Revista Postharvest Biology and technology 37:174-185.

Lurie, S. 1992. Modified atmosphere storage of peaches and nectarines to reduce storage disorders. Revista food quality 16:57-65.

Marín, F. 1999. Observaciones sobre látex en mango (*Mangifera indica*) (en línea). San José, CR, CNP. Consultado 26 oct. 2008. Disponible en <http://www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Poscosecha/Investigaciones/Frut%C3%ADcolas/Mango.htm>.

Matzinger, B; Tong, C. 2008. Commercial postharvest handling of fresh market apples. Estados Unidos, Minnesota University. Consultado 20 nov. 2008. Disponible en <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG6238.html>.

Mitcham, B; Cantwell, M; Kader, A. 1996. Methods for determining quality of fresh commodities. *Perishable Handling newsletter* 85:1-5.

\_\_\_\_\_ ; Agar, T. 2000. Commercial handling influences quality and ripening of Bartlett pears. *Revista California Agriculture* 54(3):34-37.

\_\_\_\_\_ ; Mattheis, J; Bower, J; Biasi, B; Clayton, M. 2001. Responses of European Pears to 1-MCP (en línea). *Revista Perishables Handling Quarterly* 108:16-19. Davis, US, University of California. Consultado 22 nov. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-100.pdf>.

\_\_\_\_\_ ; Crisosto, C; Kader, A. 2002. Apples Fuji, Red y Golden Delicious, Gala y Granny Smith. *Recommendations for maintaining Postharvest Quality* (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/apples.shtml>.

\_\_\_\_\_ ; Mitchell, G. 2007. Postharvest biology and technology in pears. *In* Mitcham, E; Elkins, R. eds. *Pear production and handling manual*. Davis, US, University of California, p. 157-166.

\_\_\_\_\_ ; Crisosto, C; Kader, A. 2008a. Pear: Anjou, Bosc y Comice. *Recommendations for maintaining Postharvest Quality* (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/pear2.shtml>.

\_\_\_\_\_ ; Crisosto, C; Kader, A. 2008b. Pear Bartlett. Recommendations for maintaining Postharvest Quality (en línea). Davis, US, University of California. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/pear.shtml>.

Mitchell D. 2009. La FDA confirma resultados de lotes de Salmonella en melón Hondureño (en línea). Consultado 2 de dic. 2008. Periódico The Packer: periódico de negocios de la industria de frutas y hortalizas. Disponible en <http://www.thepackerenespanol.com/ArticleLanding/tabid/54/Default.aspx?tid=1&cid=11442>.

Minolta. 1998. Precise color communication. Japón, 59 p.

Montero, M; Cerdas, M. 2000. Manejo postcosecha del mango para el mercado fresco. San José, CR. CIA-UCR, 220 p.

Mora, J; Gamboa, J; Elizondo, R. 2002. Guía para el cultivo de mango (*Mangifera indica*). San José, CR, MAG. 80 p.

Namesny A. 2002. Determinación de la calidad en línea. Revista Horticultura internacional (37):15-18.

Nicolai, B; *et al.* 2003. Texture assessment of perishable products. Acta Hort 600:513-519

\_\_\_\_\_ ; *et al.* 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. Revista Postharvest Biology and Technology 46(2):99-118.

Obenland, D; Crisosto, C; Rose, J. 2003. Expansin protein levels decline with the development of mealiness in peaches. Postharvest biology and technology 29:11-18.

Palou, L; Crisosto, C; Garner, D. 2007. Combination of postharvest antifungal chemical treatments and controlled atmosphere storage to control gray mold and improve storability of Wonderful pomegranates. *Revista Postharvest biology and technology* 43:133-142.

Procomer 2008. Capítulo 3: Los 50 principales productos de exportación. San José. CR. 58 p.

PROEXANT (promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales). 2008. Mango (Mangoe) (en línea). Ecuador. Consultado 10 abr. 2008. Disponible en: [http://www.proexant.org.ec/HT\\_Mango.html](http://www.proexant.org.ec/HT_Mango.html).

Reid, M. 2002. Ethylene in postharvest technology. *In* Kader, A. ed. 3 ed. Postharvest technology of horticultural Crops. David, US, University of California, p. 149-162.

Retamales, J; Valdés, C. 2000. Bitter pit prediction in apples and commercial use of fruit magnesium infiltration (en línea). Chile, Universidad de Talca. Consultado 20 nov. 2008. Disponible en <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pgDisplay.php?article=EMK2000B>.

Ryan, R; Krishna, H; Bishop, H; Brash, D; Mitcham, E. 2005. Development of vapormate™ for postharvest quality. *Acta Hort.* 687:413-416. Consultado 03 mar. 2009. Disponible en [http://www.actahort.org/books/687/687\\_63.htm](http://www.actahort.org/books/687/687_63.htm). Sólo Resumen.

Salisbury, B; Ross, W. 2002. Fisiología de las plantas. Madrid, España, Thomson. 954 p.

Scalzo, J; Politi, A; Pellegrini, N; Mezzetti, B; Battino, M. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit *Nutrition*. 21(2):207-213.

Shewfelt, R; Prussia, S. 1993. Postharvest handling: Measuring quality and maturity. Estados Unidos, Academic Press Inc, 358 p.

Simpson, T; Bikoba, V; Mitcham, E.2007. Ethyl formate as a postharvest fumigant for selected pest of tables grapes. *Revista entomological society of America* 100(4):1084-1090.

Sistemas Postcosecha y su cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos (2004, San José, CR). 2004. Análisis de calidad en frutas y vegetales fresco. Ed. G Meléndez. San José, CR. UCR-CIA, 199 p.

Sugar, D. 2002. Postharvest physiology and pathology of pears. *Revista Acta Hort* 596:833-838.

Taiz, L; Zeiger, E. 2006. *Plant physiology*. 4 ed. Massachusetts, Estados Unidos, Sinauer Associates,Sunderland. *s.p.*

Teplitski, M; Schneider, K; Danyluk, M; Gonzáles, C. 2008. Salmonella y tomates: preguntas y respuestas para los Consumidores (en línea). Estados Unidos, University of Florida. Publicacion n°SL2635P.

Tosun, I; Ustun, S. 2003. An investigation about antioxidant capacity of fruits nectars (en línea). *Pakistan Journal of Nutrition* 2 (3): 167-169. Consultado 23 dic. 2008. Disponible en <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin108.pdf>.

Tziros, G; Lagopodi, A; Tzavella, K. 2007. *Alternaria alternata* fruit rot of pomegranate (*Punica granatum*) in Greece (en línea). Aristotle University of Thessaloniki. Consultado 08 nov. 2008. Disponible en <http://www.bspp.org.uk/ndr/july2007/2007-20.asp>.

Tudge, C. 2002. Alimentos para el futuro: los dilemas de la alimentación una guía básica. Editorial Planeta Mexicana, México. p. 46-65.

U.C.Davis (University of California in Davis, US). 2008. Introduction UCDAVIS. Consultado 14 feb. 2008. Disponible en <http://registrar.ucdavis.edu/UCDWebCatalog/PDF/X01GenCatIntro.pdf>.

USDA (United States Department Agriculture, US). 2007. World market and trade: World Apple situation. Consultado 29 nov. 2008. Disponible en [http://www.fas.usda.gov/http/horticulture/Apples/World\\_Apple\\_Situation\\_053107.pdf](http://www.fas.usda.gov/http/horticulture/Apples/World_Apple_Situation_053107.pdf).

Vandaliand, E; Slimestad, R. 2005. Methods to determine antioxidative capacity in fruit. Revista Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 14:123-131.

Vasco, C; Ruales, J; Kamal, E. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits in Ecuador. Revista food chemistry 111:816-823.

Vásquez, S; Mueller, S. 2008. Refractometer calibration, use and maintenance (en línea). Fresno, US, University of California Cooperative Extension. Consultado 11 nov. 2008. Disponible en <http://cefresno.ucdavis.edu/files/43066.pdf>.

Veltman, R; Peppelenbos, H. 2003. A proposed mechanism behind the development of internal browning in pears (*Pyrus communis* var Conference). Revista Acta Hort 600:247-255.

Villalobos, M; Mitcham. 2008. Ripening of European Pears: The chilling Dilemma. Revista Postharvest Biology and Technology 49: 187-200.

Vizzotto, M; Cisneros, L; Byrne D; Okie W; Ramming, D. 2006. Total Phenolic, Carotenoid, and Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of Peach and Plum Genotypes. Revista Acta hort 713: 453-455.

Watkins, C. 2006. The use 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Revista Biotechnology advance 24:389-409.

