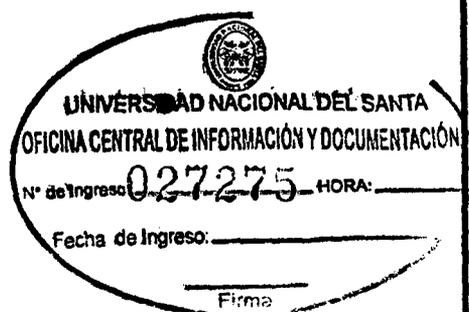




**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**



**“UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**CONSERVACIÓN DE MANGO (Mangifera indica L.)**  
**ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**AGROINDUSTRIAL**

**TESISTA: BACH. RAÚL ELADIO VILLANUEVA QUIJANO**

**ASESORA: Dra. ELZA AGUIRRE VARGAS**

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**CONSERVACIÓN DE MANGO (Mangifera indica L.)  
ENVASADO EN ATMOSFERA MODIFICADA**

**REVISADO POR:**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Elza', written over a horizontal line.

**Dra. Elza Aguirre Vargas  
ASESORA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**CONSERVACIÓN DE MANGO (Mangifera indica L.) ENVASADO EN  
ATMÓSFERA MODIFICADA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**TESISTA: BACH. RAUL ELADIO VILLANUEVA QUIJANO**

**SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO, DÍA 01-12-2014**



**Dr. Gilbert Rodríguez Paucar**  
**PRESIDENTE**



**Dra. Elza Aguirre Vargas**  
**SECRETARIA**



**Dra. Luz Paucar Menacho**  
**INTEGRANTE**

## DEDICATORIA

A Dios por mostrarnos día a día con humildad, paciencia y sabiduría que todo es posible, alcanzar nuestros logros y continuar seguir adelante.

A mi madre que guardo un profundo respeto, por impartir su amor y aliento y supo formarme como persona de bien, asimismo sentirse orgullosa de tenerme como hijo.

A los compañeros de estudios que, dejamos de vernos pero aun supieron darme algunos alcances acertados para culminar la presente tesis. Especialmente para Rodolfo Rivera y Lenin Palacios.

A mi esposa Aurora, que con cariño y entusiasmo estuvo siempre a mi lado apoyándome.

El autor

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis Dra. Elza Aguirre Vargas, por su orientación y ayuda que me brindó para la culminación de mi tesis.

A mis profesores de la Escuela de Agroindustria de la UNS que me enseñaron tanto de la profesión como de la vida y utilizar esos conocimientos para continuar salir adelante.

A la empresa Supermercados Peruanos por facilitarme el producto de envasado polietileno de baja densidad para realizar el estudio de tesis.

A los representantes de las parcelas sembradas de mango del Valle de Casma que me brindaron los frutos de mango Kent para realizar el proyecto.

A un compañero de estudios Ing. Jadir Esquivel que supo orientarme para realizar mis análisis de laboratorio.

El autor

## ÍNDICE GENERAL

Carátula  
Aprobación  
Dedicatoria  
Agradecimientos  
Índice  
Resumen  
Abstract  
Presentación

	Pág
<b>I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	
<b>El fruto del mango</b>	<b>4</b>
2.1.1	
Botánica	4
2.1.2	
Composición taxonómica	5
2.1.3	
Composición química	6
2.1.4	
Variedades	8
2.1.4.1	
Variedades cultivados en el Perú	8
Cultivar Kent.	8
2.1.5	
Calibres de la fruta	9
2.1.6	
Grados de madurez	10

<b>2.2</b>	<b>Producción nacional</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Requerimientos edafoclimáticos</b>	<b>14</b>
<b>2.4.</b>	<b>Postcosecha del mango</b>	<b>15</b>
2.4.1	Aspectos Fisiológicos	15
2.4.2	Aspectos físico-químicos	19
2.4.3	Aspectos microbiológicos	23
<b>2.5</b>	<b>Conservación de mango</b>	<b>32</b>
2.5.1	Pérdida de peso (deshidratación)	32
2.5.2	Color de cáscara del fruto	32
2.5.3	Porcentaje de sólidos solubles totales (°brix), pH, acidez y vitamina C	34
2.5.4	Análisis microbiológicos	36
<b>2.6</b>	<b>Tratamiento hidrotérmico del fruto del mango</b>	<b>39</b>
<b>2.7</b>	<b>Técnicas de almacenamiento</b>	<b>40</b>
2.7.1	Atmósfera controlada (AC)	40
2.7.2	Atmósfera modificada (AM)	43
<b>2.8</b>	<b>Envasado en atmosfera modificada (EAM)</b>	<b>45</b>
2.8.1	Factores que afectan el envasado en atmósfera modificada	48
2.8.1.1	Factores relacionados con el producto a empacar	48
2.8.1.2	Factores ambientales	53
<b>2.9</b>	<b>Envases plásticos</b>	<b>55</b>
2.9.1	Permeabilidad de los envases plásticos.	56
2.9.2	Envasado en material plástico permeable	62

2.9.3	Factores que afectan la permeabilidad de los envases	
	Plásticos	66
	2.9.3.1 Naturaleza del polímero	67
	2.9.3.2 Naturaleza del gas permeante	70
	2.9.3.3 Temperatura	71
	2.9.3.4 Presión	71
	2.9.3.5 Espesor	71
2.9.4	Valores de permeabilidad al oxígeno y anhídrido carbónico en envases plásticos	72
2.10	<b>Métodos a determinar la velocidad de respiración de frutas y hortalizas</b>	75
	2.10.1 El sistema estático o cerrado	75
	2.10.2 El sistema de flujo	76
	2.10.3 El sistema permeable	77
2.11	Efecto de la temperatura para frutas en almacenamiento	77
	2.11.1 Daño por enfriamiento	77
	2.11.2 Daño por alta temperatura	80
III	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	82
3.1	<b>Lugar de ejecución</b>	82
	Ubicación política	82
3.2	<b>Materia prima, Materiales de laboratorio, equipo y reactivos</b>	82

3.2.1	Materia prima	82
3.2.2	Materiales de laboratorio	82
3.2.3	Equipos	84
3.2.4	Reactivos	84
<b>3.3</b>	<b>Metodología</b>	<b>85</b>
3.3.1	Recolección de los frutos	85
3.3.2	Selección y clasificación de frutos	85
3.3.3	Lavado	85
3.3.4	Tratamiento hidrotérmico	85
3.3.5	Enfriado pesado y envasado en atmósfera modificada	86
3.3.6	Almacenado	86
<b>3.4</b>	<b>Planeamiento experimental</b>	<b>88</b>
a)	Factores en estudio	88
b)	Tratamiento en estudio	89
<b>3.5</b>	<b>Diseño Experimental y análisis estadístico</b>	<b>90</b>
<b>3.6</b>	<b>Método de análisis</b>	<b>92</b>
3.6.1	Análisis físicos	92
a)	Pérdida de peso (deshidratación)	92
b)	Variación del color del fruto	92
3.6.2	Análisis químicos	92
a)	Porcentaje de sólidos solubles totales (%SST)	92
b)	pH	93
c)	Acidez titulable	93

d)	Vitamina C	93
3.6.3	Análisis microbiológico	93
a)	Recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBMV)	93
b)	Numeración de mohos y levaduras	93
c)	Determinación de coliformes totales	93
3.6.4	Análisis sensorial	94
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>95</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis físico</b>	<b>95</b>
4.1.1	Pérdida de peso (deshidratación)	95
4.1.2	Variación del color del fruto	102
4.1.2.1	Luminosidad ( $\Delta L^*$ )	102
4.1.2.2	Cromaticidad ( $\Delta a^*$ )	105
4.1.2.3	Cromaticidad ( $\Delta b^*$ )	108
4.1.2.4	Diferencia total del color ( $\Delta E^*$ )	111
<b>4.2</b>	<b>Análisis químico</b>	<b>117</b>
4.2.1	Porcentaje de sólidos solubles totales (SST)	118
4.2.2	pH	123
4.2.3	Acidez titulable	129
4.2.4	Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 g pulpa)	136
<b>4.3</b>	<b>Análisis microbiológicos</b>	<b>142</b>
4.3.1	Recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBMV)	142
4.3.2	Numeración de mohos y levaduras	143
4.3.3	Determinación de coliformes totales	145

<b>4.4</b>	<b>Análisis sensorial</b>	<b>146</b>
4.4.1	Apariencia general	146
4.4.2	Color	147
4.4.3	Sabor	148
4.4.4	Olor	149
4.4.5	Textura	150
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>152</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>154</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>155</b>
	REVISION DE PAGINA WEB	159

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I: Principales efectos químicos y bioquímicos de los gases en los vegetales almacenados bajo atmosfera modificada	44
Tabla II: Principales ventajas y desventajas en el uso de atmosfera modificada para alimentos	47
Tabla III: Efecto de la orientación sobre la permeabilidad de tres películas poliméricas	68
Tabla IV: Permeabilidad al oxígeno (O <sub>2</sub> ) dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) y agua (H <sub>2</sub> O) de películas poliméricas a diferentes temperaturas	73
Tabla V: Permeabilidad selectiva de los principales materiales plásticos utilizados para la fabricación de envases alimentarios	74
Tabla VI: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de la apariencia general del fruto del mango.	146
Tabla VII: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica del color del fruto del mango.	147
Tabla VIII: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica del sabor del fruto del mango	148
Tabla IX: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica del olor del fruto del mango	149
Tabla X: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de la textura del fruto del mango	150

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01: Composición nutricional del mango (contenido en 100 g de materia comestible)	6
Cuadro 02: Composición química del mango (contenido en 100 g de pulpa)	7
Cuadro 03: Calibres para el fruto de mango	9
Cuadro 04: Grados de madurez del fruto del mango	11
Cuadro 05: Clasificación de algunas frutas en función de su Comportamiento respiratorio	21
Cuadro 06: Algunos insectos y ácaros hospedadores de frutas	25
Cuadro 07: Principales causas de enfermedades de algunos frutos después de su recolección	29
Cuadro 08: Productos químicos utilizados como fungicidas para frutos	31
Cuadro 09: Variaciones de acidez y ácido ascórbico del fruto del mango	35
Cuadro 10: Límites máximos de microorganismos permitidos para frutas de exportación	38
Cuadro 11: Condiciones sugeridas para atmósfera modificada (AM) de diversos productos hortofrutícolas	45
Cuadro 12: Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales	51

Cuadro 13:	Clasificación de algunas frutas tropicales según su producción de etileno	52
Cuadro 14:	Temperaturas y humedades relativas recomendadas para el almacenamiento de frutas( varían, variedades y cultivares )	79
Cuadro 15:	Efecto de la temperatura en la velocidad de deterioro	80
Cuadro 16:	Esquema de diseño factorial (multinivel). Programa statgraphics Centurión para el ANVA	92
Cuadro 17:	Pesos promedios (g) del fruto de mango evaluados para atmósfera modificada	97
Cuadro 18:	Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics Centurion , factorial pérdida de peso (%) del mango en atmósfera modificada, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación	98
Cuadro 19:	Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de porcentaje de pérdida de peso (%) del fruto del mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 ) (1)	99
Cuadro 20:	Porcentaje de pérdida de peso promedio (%) en el fruto del mango, testigo (E0), LDPEM1 y LDPEM2 a temperatura 8 °C.	100
Cuadro 21:	Porcentaje de pérdida de peso promedio (%) en el fruto del mango, testigo (E0), LDPEM1 y LDPEM2 a temperatura 10 °C.	103

Cuadro 22: Valores promedios obtenidos de la variación de la luminosidad ( $\Delta L^*$ ) en el fruto testigo E0, en envase LDPEM1, LDPEM2 a temperatura (°8 C) en atmósfera modificada.	103
Cuadro 23: Valores promedios obtenidos de la variación de la luminosidad ( $\Delta L^*$ ) en el fruto testigo E0, en envase LDPEM1, LDPEM2 a temperatura (10 °C) en atmósfera modificada.	104
Cuadro 24: Valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) a temperatura 8 °C, en atmósfera modificada	105
Cuadro 25: Valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) a temperatura 10°C, en atmósfera modificada	106
Cuadro 26: Valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) a temperatura (8 °C) en atmósfera modificada	108
Cuadro 27: Valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) a temperatura (8 °C) en atmósfera modificada.	112
Cuadro 28: Resultados de diferencia total del color del fruto ( $\Delta E^*$ ) envasado en AM.	113
Cuadro 29: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics Centurión , factorial variación del color ( $\Delta E^*$ ) del mango en atmósfera modificada a 1, 14, 21 y 28 días de conservación.	114
Cuadro 30: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto del mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 )	115

Cuadro 31: Valores promedios obtenidos de diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) a temperatura ( 8 °C ) en AM.	116
Cuadro 32: Valores promedios obtenidos de variación del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto, a temperatura (10 °C) en AM	117
Cuadro 33 :Valores promedios de solidos soluble totales (brix) de los frutos de mango en AM.	119
Cuadro 34: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics Centurión, factorial variación de los sólidos solubles totales (*Brix) del mango en atmósfera modificada, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación.	120
Cuadro 35: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación de porcentajes de sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 )	121
Cuadro 36: Valores promedios obtenidos de los sólidos solubles totales (°brix) de los frutos a temperatura1 (8°C) en AM.	122
Cuadro 37: Valores promedios obtenidos de los sólidos solubles totales (°brix) de los frutos a temperatura 2 (10°C) en AM.	123
Cuadro 38: Valores de variación de pH del fruto de mango envasado en atmosfera modificada. (AM)	125
Cuadro 39 : Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics Centurión , factorial variación del pH del mango en atmósfera modificada, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación.	126

Cuadro 40: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación del pH del fruto de mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 )	127
Cuadro 41: Valores promedios obtenidos del pH del fruto a temperatura 1 ( 8 °C) en atmósfera modificada. (AM)	128
Cuadro 42: Valores promedios obtenidos del pH del fruto a temperatura 2 (10 °C) en atmósfera modificada. (AM)	129
Cuadro 43: Valores promedios de la acidez de los frutos (% ac. málico) en atmósfera modificada. (AM)	131
Cuadro 44 : Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics Centurión ,factorial variación de acidez (% de ácido málico) del mango en atmósfera modificada, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación.	132
Cuadro 45: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación de acidez (% de ácido málico) del mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 )	133
Cuadro 46 : Valores promedios obtenidos de la acidez (% acido málico) a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada. (AM)	134
Cuadro 47: Valores promedio obtenidos de la acidez (% acido málico) a temperatura 2 (10 °C) en atmósfera modificada. (AM)	135
Cuadro 48. Valores promedios de vitamina C de los frutos envasado en atmósfera modificada. (AM)	136
Cuadro 49 : Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics Centurión , factorial variación de vitamina C (mg/100 g) del mango en atmósfera modificada, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación.	138

<b>Cuadro 50: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación de vitamina C (mg/100g) del mango, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 )</b>	<b>139</b>
<b>Cuadro 51: Valores obtenidos de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de pulpa) en el fruto testigo E0, LDPEM1, LDPEM2 a temperatura 1 (8°C) en atmósfera modificada. (AM)</b>	<b>140</b>
<b>Cuadro 52: Valores obtenidos de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de pulpa) en el fruto testigo E0, LDPEM1, LDPEM2 a temperatura 2 (10°C) en atmósfera modificada.(AM)</b>	<b>141</b>
<b>Cuadro 53: Valores obtenidos de recuento total de bacterias aeróbicas mesófilas viables (RTBAMV)en el fruto testigo E0, de LDPEM1 y de LDPEM2 a temperatura 1 (8 °C), al término de la evaluación.</b>	<b>142</b>
<b>Cuadro 54: Valores obtenidos de recuento total de bacterias aeróbicas mesófilas viables (RTBAMV) en el fruto testigo E0, de LDPEM1 y de LDPEM2 a temperatura 2 (10 °C) al término de la evaluación.</b>	<b>143</b>
<b>Cuadro 55: Valores obtenidos de mohos y levaduras en el fruto testigo E0, de LDPEM1, de LDPEM2 a temperatura 1 (8 °C), al término de la evaluación.</b>	<b>144</b>
<b>Cuadro 56: Valores obtenidos de mohos y levaduras en el fruto testigo E0, de LDPEM y LDPEM2 a temperatura 2 (10 °C), al término de la evaluación.</b>	<b>144</b>

<b>Cuadro 59: Análisis de varianza (ANVA) para la apariencia general</b>	<b>147</b>
<b>Cuadro 60: Análisis de varianza (ANVA) para el color del fruto</b>	<b>148</b>
<b>Cuadro 61: Análisis de varianza (ANVA) para el sabor</b>	<b>149</b>
<b>Cuadro 62: Análisis de varianza (ANVA) para el olor</b>	<b>150</b>
<b>Cuadro 63: Análisis de varianza (ANVA) para la textura</b>	<b>151</b>

## INDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 01: Cambios de pérdida de peso (%) del fruto de mango a temperatura 8 °C, envasado en atmósfera modificada.	100
Gráfico 02: Cambios de pérdida de peso (%) del fruto de mango a temperatura 10 °C, envasado en atmósfera modificada.	101
Gráfico 03: Valores promedios de luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.	103
Gráfico 04: Valores promedios de luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.	104
Gráfico 05: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.	106
Gráfico 06: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.	107
Gráfico 07: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.	109
Gráfico 08: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.	110
Gráfico 09 : Relación envase – diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto a temperatura 8 °C en atmósfera modificada	116
Gráfico 10: Relación envase – diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.	117

Gráfico 11: Relación envase- sólidos solubles totales ( °brix ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada (AM).	122
Gráfico 12: Relación envase- sólidos solubles totales ( °brix ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada (AM).	123
Gráfico 13: Relación envase-pH del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.	128
Gráfico 14: Relación envase-pH del fruto, a temperatura 2 (10°C) en atmósfera modificada.	129
Gráfico 15 : Relación envase-acidez ( % ácido málico ) del fruto a temperatura 1 ( 8 °C ) en atmósfera modificada.	134
Gráfico 16 : Relación envase-acidez ( % ácido málico ) del fruto a temperatura 2 ( 10 °C ) en atmósfera modificada	135
Gráfico 17: Relación envase-vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g de pulpa) a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada.	140
Gráfico 18 : Relación envase-vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g de pulpa) a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada.	141

## INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 01: Fruto del mango	4
Figura 02: Fruto del mango variedad Kent	9
Figura 03: Producción nacional de mango trimestre 2011-2014	12
Figura 04: Producción nacional para exportación de mango 2013	13
Figura 05: Daños mecánicos del fruto del mango	17
Figura 06: Cortaduras del fruto del mango	18
Figura 07: Manchado por látex del fruto del mango	19
Figura 08: Cambios asociados con la maduración organoléptica (Wills, et al 1992	22
Figura 09: Ovoposición de la mosca de la fruta	23
Figura 10: Antracnosis en el fruto del mango	27
Figura 11: Color del fruto del mango	32
Figura 12: Diagrama de representación del espacio del color ( CIELAB)	33
Figura 13: Polímero laminado	60
Figura 14 : Polímero construido	61
Figura 15: Polímero micro perforado	62

<b>Figura 16 : Envase zip lock</b>	<b>63</b>
<b>Figura 17 : Envase polipropileno flow pack</b>	<b>64</b>
<b>Figura 18. Transferencia de un gas a través de una película permeable en un régimen estacionario (Lozada, 2001)</b>	<b>66</b>
<b>Figura 19: Diagrama de flujo tentativo, conservación del fruto de mango en atmósfera modificada pasiva</b>	<b>87</b>

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1	171
ANEXO 2	177
ANEXO 3	180
ANEXO 4	182
ANEXO 5	184
ANEXO 6	186
ANEXO 7	193
ANEXO 8	195
ANEXO 9	197
ANEXO 10	198
ANEXO 11	199
ANEXO 12	201

## RESÚMEN

La presente tesis se basa en el estudio del uso combinado de bajas temperaturas y de atmósfera modificada (AM) pasiva, con el empleo de envases polietileno de baja densidad LDPEM1 y LDPEM2 (tipo zip lock) con la finalidad de conservar los frutos de mango (mangifera indica L), mínimamente procesadas, permitiendo mantener la calidad comercial y vida útil para su consumo.

Para los tratamientos se emplearon 48 frutos de mango variedad Kent del valle de Casma. Se seleccionaron los frutos sanos, sin daños mecánicos. Las etapas del procesado fueron: lavado con agua clorada (200 ppm), tratamiento hidrotérmico (46.5 °C por 75 min) (Hallman, 1998), enfriado, pesado y envasado en los tipos de material polietileno de baja densidad de distinta permeabilidad a los gases LDPEM1 (espesor 40  $\mu\text{m}$ ) y LDPEM2 (espesor 60  $\mu\text{m}$ ) anexo 11 y un testigo o control (E0) (sin envase). La conservación se realizó en la cámara frigorífica a 8 °C y 10 °C (en dos compartimientos) por un periodo de 28 días. Durante el almacenamiento se realizaron mediciones de pérdida de peso (%), variación del color ( $\Delta E^*$ ) (CIELAB), porcentajes de sólidos solubles totales (°brix) pH, acidez (%), y vitamina C (mg/100 g). Se hizo el análisis estadístico diseño completo al azar, factorial 2 x 3 x 4 (2 réplicas) programa Statgraphics Centurión para el análisis de varianza y prueba de comparación de promedios Tukey 5 % de significación, a los 1, 14, 21 y 28 días de tratamiento.

Culminado las pruebas de estudio (28 días) se hizo el análisis microbiológico (recuento total de bacterias mesófilas viables, mohos y levaduras y coliformes totales).

A los 28 días de almacenamiento, se realizaron la evaluación organoléptica con 10 panelistas semi-entrenados según escala hedónica de 7 puntos. Los análisis estadísticos fue el diseño de bloque completo al azar. Se hizo el análisis de varianza y prueba de F. En el material envase de polietileno LDPEM2 a temperatura 10 °C en fruto de mango se observó las mejores características fisico-químicas (°brix, pH, acidez, vitamina C) que a temperatura de 8 ° C en envase LDPM1 y LDPM2. En cuanto a la variación del color ( $\Delta E^*$ ) de los frutos en LDPM1 y LDPM2 no se observó una merma significativa con respecto a los frutos sin envase (E0) a ambas temperaturas (8°C y 10 °C) que podría afectar la calidad del producto. Se realizó la evaluación microbiológica recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBMV), mohos y levaduras con resultados inferiores a los máximos permitidos reportados por INTINTEC (1974) para ambos tratamientos. Los coliformes totales fueron negativos.

**Autor**

Bach. Raúl Eladio Villanueva Quijano

**Asesora**

Dra. Elza Aguirre Vargas

## ABSTRACT

This thesis is based on the study of the combined use of low temperatures and passive modified atmosphere (MA), with the use of low-density polyethylene containers LDPEM1 and LDPEM2 (zip lock type) in order to preserve the fruits of mango (*mangifera indica* L), minimally processed, thereby maintaining commercial quality and durability for consumption.

For treatments 48 Kent mango fruit variety Casma Valley were used. Healthy fruits, without mechanical damage were selected. Processing steps were: washing with chlorinated water (200 ppm), hydrothermal treatment (46.5 ° C for 75 min) (Hallman, 1998), cooling, weighing and packing in the types of polyethylene of low density material of different permeability LDPEM1 gases (thickness 40 um) and LDPEM2 (thickness 60 um) Annex 11 and a witness or checking (E0) (unpackaged). Conservation was held in cold storage at 8 ° C and 10 ° C (in two compartments) for a period of 28 days. During storage measurements weight loss (%) Color variation (.DELTA.E \*) (CIELAB), percentages of total soluble solids (brix) pH, acidity (%) and vitamin C (mg / 100 g were performed ). Statistical analysis complete randomized design factorial 2 x 3 x 4 (2 replicates) program Statgraphics Centurion for analysis of variance and means comparison test Tukey 5% significance level, at 1, 14, 21 and 28 days treatment.

Tests completed study (28 days) microbiological analysis (total viable mesophilic bacteria, molds and yeasts and total coliforms) was made.

After 28 days of storage, the sensory evaluation is performed with 10 semi-trained panelists as 7-point hedonic scale. Statistical analysis was completely randomized design block. Analysis of variance and F test material in polyethylene container LDPEM2 temperature 10 °C in mango fruit became the best physico-chemical characteristics (° brix, pH, acidity, vitamin C) showed that a temperature of 8 °C in container LDPM1 and LDPM2. As for color variation ( $\Delta E^*$ ) of fruits in LDPM1 and LDPM2 no significant reduction was observed with respect to the fruits without package (E0) at both temperatures (8 °C and 10 °C) that could affect product quality. Microbiological evaluation total viable mesophilic bacteria (RTBMV), molds and yeasts below the permitted maximum reported by INTINTEC (1974) results for both treatments was performed. Total coliforms were negative.

**Autor**

Bach. Raúl Eladio Villanueva Quijano

**Asesora**

Dra. Elza Aguirre Vargas

## **PRESENTACIÓN**

**Señores miembros del jurado evaluador:**

**De mi mayor consideración:**

**En cumplimiento a lo dispuesto por el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa de Chimbote y de acuerdo a la Ley Universitaria N° 23733, para optar el Título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, presento ante ustedes la presente tesis profesional, titulada: “ CONSERVACIÓN DE MANGO (mangifera indica L.) ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA “**

**Esperando que la presente cubra las expectativas y características solicitadas por las leyes universitarias vigentes de la Universidad, pongo a su disposición señores Miembros del Jurado este informe para su revisión y evaluación.**

**Atentamente: El autor**

## INTRODUCCIÓN

La demanda actual de los mercados es cada vez más exigente en la calidad de los productos hortícolas frescos, por tal motivo es imprescindible la aplicación de tecnologías postcosecha que permitan el mantenimiento por un tiempo más prolongado de la calidad. Las pérdidas postcosecha incluyen aquellas de origen tecnológico, al deterioro de agentes biológicos microbiológicos y mecánicos. Las principales medidas disponibles para reducir estas pérdidas postcosecha están relacionadas con el control de las condiciones de almacenamiento y de manipuleo. El factor ambiental más importante es la temperatura, debido a que la velocidad de deterioro postcosecha se ve afectada por la misma. Las bajas temperaturas tienen efecto negativo en el crecimiento microbiano, que es siempre una consideración de importancia en los sistemas postcosecha.

El objetivo de la presente tesis fue evaluar el comportamiento postcosecha del mango variedad Kent envasado en atmósfera modificada pasiva, utilizando material de envase polietileno permeable (zip lock) espesores de 40 y 60  $\mu\text{m}$  a temperatura de refrigeración ( $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Por lo expuesto, presentamos la temática del informe a continuación:

Capítulo I: INTRODUCCIÓN

Capítulo II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. En este capítulo se abarca los conceptos teóricos básicos para el desarrollo de la tesis.

Capítulo III: MATERIALES Y METODOS Se describe la materia prima (mangifera indica L.), el lugar de ejecución y los procedimientos de estudio, el diseño experimental y el análisis estadístico.

**Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.** En esta parte se describen los resultados obtenidos del desarrollo de estudio y a su vez confrontar los tratamientos de estudio viable con la guía teórica.

**Capítulo V: CONCLUSIONES.** Son las razones o evidencias encontradas al finalizar las propuestas de estudio.

**Capítulo VI: RECOMENDACIONES.** Se expresan las posibilidades que se puedan encontrar para mejorar el proyecto o buscar nuevas oportunidades de estudio que permitan contribuir con el desarrollo. .

## I. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.), es considerado un fruto con gran aceptación a nivel mundial, debido a su color atractivo, su delicioso sabor y sus excelentes propiedades nutricionales, particularmente como fuente de vitaminas C y A. La maduración de estos frutos se caracteriza por una serie de transformaciones químicas que determinan los cambios de sabor, consistencia, color y aroma. Las sustancias acumuladas durante el desarrollo se transforman de manera lenta y progresiva hasta que el fruto alcanza las condiciones de aroma y jugosidad que permita clasificarlo como maduro. El crecimiento y la maduración fisiológica de la fruta solo se completan cuando permanece unida a la planta de la cual procede, pero la madurez organoléptica y la senescencia pueden proseguir una vez separada de la planta (Kader, 1992).

Varios índices de madurez han sido sugeridos para algunas variedades de mangos, sin embargo, no existe índice de madurez que tenga significancia práctica (Medlicott y Jeger, 1987).

La demanda actual de los mercados es cada vez más exigente en la calidad de los productos hortícolas frescos, por tal motivo es imprescindible la aplicación de tecnologías postcosecha que permitan el mantenimiento por un tiempo más prolongado de la calidad. Las mermas postcosecha incluyen aquellas de origen tecnológico, al deterioro de agentes biológicos microbiológicos y mecánicos. (Flores, 2000)

Las principales medidas disponibles para reducir estas pérdidas postcosecha están relacionadas con el control de las condiciones de almacenamiento y de manipuleo. El factor ambiental más importante es la temperatura, debido a que la velocidad de

deterioro postcosecha se ve afectada por la misma. Las bajas temperaturas tienen efecto negativo en el crecimiento microbiano, que es siempre una consideración de importancia en los sistemas postcosecha (Wills, Mc et. al. 1999).

Actualmente el fruto del mango en el Perú tiene gran importancia de cultivo y se refleja en los valles del alto Piura (San Lorenzo), Lambayeque (Motupe) y Lima (Huaral). Sin embargo debido al manejo postcosecha de este fruto, y seguido de tratamiento hidrotérmico para su exportación reducen la calidad de frescura del producto. (Ministerio de Agricultura y riego ,1998).

Las películas plásticas de diversas permeabilidades a los gases y los avances logrados en aspectos relacionados con el control de la atmósfera han permitido difundir la técnica de la atmósfera modificada. (Schlimme y Rooney, 1997)

Un aspecto muy importante es la concentración de vapor de agua en la atmósfera que rodea al producto. Si se mantiene la humedad relativa entre 85- 90 %, se minimizan las pérdidas de agua de frutas y hortalizas ( Wills et. al. 1999)

La humedad relativa próxima a 100 % dentro del envase puede originar condensación de agua que se deposita sobre la superficie del producto produciendo pérdidas de calidad debido a coloraciones, disminución a la concentración de vitaminas y aumento de podredumbres mediante un crecimiento acelerado de microorganismos. El empleo de atmósfera modificada reduce la incidencia de los desórdenes fisiológicos, alteraciones microbianas y deterioros químicos, los cuales originan cambios en las características organolépticas y en el valor comercial del producto envasado (Key Saltveit, 1989).

Siendo una fruta sub-tropical, climatérica susceptible a daños fisiológicos, con bajos niveles de emisión de etileno gaseoso puede emplearse un método de conservación en atmósfera modificada.

Se utilizó el equipo de refrigeración que cuenta el laboratorio. La temperatura se ajustó a 10 °C. Debido a las variaciones de temperaturas de trabajo, fue considerado el rango de 8 °C que se observó para los demás tratamientos. Asimismo se tomaron las recomendaciones de Arias y Toledo (2000) que reporta 7 y 12 °C los rangos relativos de almacenamiento para mangos.

El objetivo de la presente tesis fue evaluar el comportamiento postcosecha del mango variedad Kent envasado en atmósfera modificada pasiva, utilizando material de envase polietileno de baja densidad, permeable (zip lock) espesores de 40 y 60  $\mu\text{m}$  a temperatura de refrigeración (8 °C y 10 °C).

Dado las perspectivas de estudio se ha visto concluir las mejores condiciones favorables para conservar el fruto del mango en atmosfera modificada, utilizando material de envase polietileno de baja densidad (zip lock) codificado, LDPEM1 y LDPEM2, espesores de 40 y 60 micras respectivamente.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1 El fruto del mango

#### 2.1.1 Botánica.

El mango (mangifera indica L.) es el miembro de la familia Anacardiaceae o Marañón. La mayoría de todas las especies de la familia se caracterizan por la resina y muchos por su savia irritante y venenosa. El género *Mangifera* comprende más o menos 50 especies nativas del sureste de Asia, excepto una *Mangifera africana* en África. Solo 3 o 4 especies pueden ser de valor comercial, puesto que ellas poseen 5 estambres fértiles. El mango típico es un árbol de tamaño mediano de 10 a 30 metros de altura. El tronco es más o menos recto, cilíndrico y de 75 a 100 cm de diámetro. Los troncos con injerto pueden crecer hasta 4 m de altura y diámetros de 10 a 15 cm. El fruto es rico en calcio, magnesio, potasio y fósforo, vitamina A y aminoácidos .bajo en azúcares y calorías (Zúñiga, 1989).

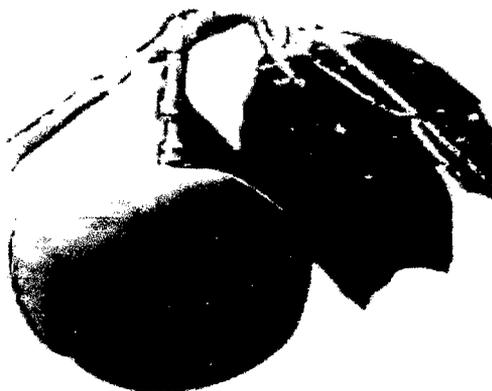


Figura 01: Fruto del mango

Fuente: Arias y Toledo (2000).

### 2.1.2 Composición taxonómica

Reino : plantae  
División : fanerógamas  
Sub división : angiosperma  
Clase : dicotiledoneae  
Sub clase : archichramydeas  
Orden : spindales  
Familia : anacardeaceas  
Sub familia : anacaediaceae  
Género : mangifera  
Especie : mangifera indica L.

Zúñiga (1989).

### 2.2.3 Composición química

Los frutos del mango constituyen un valioso suplemento dietético, pues es muy rico en vitaminas A y C, minerales, fibras y anti-oxidantes, siendo bajos en calorías, grasas y sodio. Su valor calórico es de 62-64 calorías/100 g de pulpa. En el siguiente cuadro se muestra el valor nutritivo del mango en 100 g de parte comestible. (Valdemayor, 1979).

Cuadro 01: Composición nutricional del mango (contenido en 100 g de materia comestible)

Componentes	Valor medio de la materia fresca
Agua (g)	81.8
Carbohidratos (g)	16.4
Fibra (g)	0.7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0.5
Ácido ascórbico (mg)	80
Fósforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0.4
Grasa (mg)	0.1
Niacina (mg)	0.04
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.07

Fuente: Valdemayor (1979).

**Cuadro 02: Composición química del mango (contenido en 100 g de pulpa)**

<b>Componentes mayores</b>	<b>Peso en gramos (g)</b>
Calorías	60.00
Agua	83.00
Proteínas	0.40
Extracto etéreo	0.20
Carbohidratos	15.90
<b>Componentes menores</b>	<b>Peso en miligramos (mg)</b>
Fibra	1.00
Ceniza	0.50
Calcio	17.00
Fósforo	15.00
Hierro	0.40
<b>Vitaminas</b>	<b>Peso en miligramos (mg)</b>
Caroteno	1.03
Tiamina	0.03
Riboflavina	0.11
Niacina	0.39
Ácido ascórbico reducido	24.80

Fuente: Valeriani (2003).

## 2.1.4 Variedades

### 2.1.4.1 Variedades cultivados en el Perú

ADEX AID (1993) Actualmente en el Perú se cultivan dos tipos de mangos, las plantas francas (no injertadas y poliembriónicas) como el Criollo de Chulucanas, el Chato de Ica y el Rosado de Ica, que son orientados principalmente a la producción de pulpa y jugos concentrados que se exportan a Europa; y las plantas mejoradas (injertadas y monoembriónicas) como el Haden, Kent, Tomy Atkins y Edward, los cuales se exportan en estado fresco. El mango del cultivar Kent, llega a medir hasta 13 cm de longitud o más, con un peso promedio de 680 gr, su forma es variable, de color verde amarillento con chapa roja oscura, las lenticelas son numerosas, pequeñas y amarillentas. La pulpa es jugosa, sin fibra, dulce y de buena calidad.

Según Ruber (1994) indica que la pulpa del cultivar Kent, está entre 70 y 90 %, y que su acidez está entre 0.78 y 0.92 %. La semilla representa entre el 8 y 10 % del peso total del fruto.

El Ministerio de Agricultura (1998) describe que la forma del fruto de mango es diversa, existen tipos ovoide-oblonga o arriñonada, evidentemente aplanada, redondeada, u obtusa en ambos extremos, con un hueso central grande, aplanado o con una cubierta leñosa. El tamaño del fruto va de 4-25 centímetros de largo y 1,5-10 de grosor, su peso varía desde 150 gramos hasta los 2 kilogramos. El color puede ser entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta, mate o con brillo. Su pulpa es de color amarillo intenso, casi anaranjado.



Figura 02: Fruto del mango variedad Kent

Fuente: Ministerio de Agricultura (1998)

### 2.1.5 Calibres de la fruta.

Según la Norma Técnica Peruana (1999) considera los calibres de frutos de mangos para exportación en siguiente cuadro.

Cuadro 03: Calibres para el fruto de mango

Factor	Extra	Primera	Segunda
Tamaño	75 mm	75 mm	60 mm
Color	Tipo de cultivar	Ligero defecto del color	Defecto del color
Consistencia	Firme	Firme	Defectos
Indicios de pudrición	No se tolera	Se tolera hasta el 3 %	Se tolera hasta el 5 %
Manchas	No se tolera	Se tolera hasta el 5 %	Se tolera hasta el 10 %
Magulladura	Se tolera hasta el 5 %	Se tolera hasta el 10 %	Se tolera hasta el 20 %

Fuente: Norma técnica peruana (NTP) (1999).

#### 2.1.6 Grados de madurez.

Arias y Toledo (2000) manifiestan que el conjunto de procesos de desarrollo y cambios observados en la fruta se conoce como maduración. Como consecuencia de la maduración la fruta desarrolla una serie de características físico-químicas que permiten definir distintos estados de madurez de la misma. Todo esto es de suma importancia en postcosecha en relación a los siguientes aspectos:

La madurez fisiológica de una fruta es cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual ésta puede continuar madurando normalmente para consumo aún después de cosechada. Esto es una característica de las frutas climatéricas como el plátano y otras que se cosechan verde-maduras y posteriormente maduran para consumo en postcosecha. Las frutas no-climatéricas, como los cítricos, no maduran para consumo después que se separan de la planta.

La madurez hortícola es el estado de desarrollo en que la fruta se encuentra apta para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica.

La madurez de consumo u organoléptica es estado de desarrollo en que la fruta reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna).

Deutsche (1992) indica que el color de la pulpa de mango califica el grado de madurez.

Cuadro 04: Grados de madurez del fruto del mango

GRADO DE MADUREZ	CARACTERISTICA
1	Pulpa de color blanco lo mismo que el carozo
2	Pulpa de color blanco con carozo ligeramente amarillo claro
3	Pulpa de color amarillo blanqueado con carozo más amarillo
4	Pulpa de color amarillo claro con carozo de color amarillo resplandeciente
5	Pulpa de color amarillo oscuro con carozo de color amarillo oro

Fuente: Deutsche (1992)

## 2.2 Producción nacional

La planta de mango se desarrolla bien en climas cálidos, en las zonas tropicales y subtropicales, es por ello que el sembrío en la zona norte del país ha sido de vital importancia en estos últimos años acentuándose en los valles de Tambo Grande y Chulucanas debido a las características de los suelos de estas áreas tales como: el calor necesario durante la época de crecimiento y el rango óptimo de temperatura para el fruto que está considerado entre 24 y 27° C.

El campo en esta zona recibe más de 8 horas de luz solar por día y 70% de humedad que permite cosechar productos con muchas calidades o preferencias gustativas. El 87 % de la cosecha nacional se realiza entre los meses de noviembre y febrero, en las irrigaciones de San Lorenzo, Piura produce en los meses de noviembre-diciembre; seguida de Motupe, Lambayeque en enero-febrero, Casma en febrero-marzo y la más tardía en el valle de Huaral, Lima en marzo-abril. En cuanto a las variedades de exportación, el Perú es uno de los pocos países que produce de noviembre a marzo, siendo sus principales competidores en el mercado internacional : Brasil, que ofrece su producto hasta fines de diciembre; Sudáfrica a partir de enero y Ecuador que produce casi en la misma temporada que Perú .La variedad que se cosecha primero es el Edward (octubre – noviembre ), le sigue el Haden (diciembre-enero), y termina con la variedad Tommy Atkins en enero-febrero y Kent en enero-marzo. (Ministerio de Agricultura ,1998).

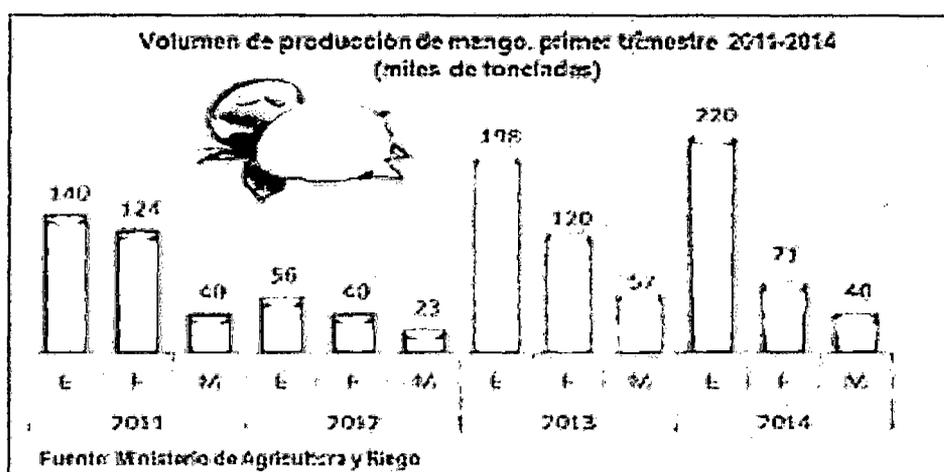


Figura 03: Producción nacional de mango 2011-2014

Fuente: Ministerio de agricultura y riego (2013)

Asociación Peruana de Exportadores de Mango APEM (2013). Señala que la producción peruana de mangos de exportación alcanzó las 140.000 toneladas en la campaña 2013 - 2014, lo que representa un incremento del 40 por ciento, en comparación con campaña anterior (2012-2013) cuando logró 105.000 toneladas. Otro de los factores que pudo contribuir a este resultado fue que durante el 2013, específicamente en invierno (junio, julio y agosto), se registró un clima benigno para la floración; un clima frío pero que produjo que las plantas de mango tuvieran buena floración la cual se tradujo en una óptima producción. En la región Piura concentra ahora el 75 por ciento de la producción nacional de mangos para exportación, seguida por Lambayeque con el 15 por ciento y Ancash con el 10 por ciento restantes. La principal variedad de mango para exportación sigue siendo la variedad Kent (tipo fresco) y los principales mercados de destino fueron en primer lugar Holanda, donde se dirigió el 40 por ciento de los envíos, seguido de Estados Unidos (36 por ciento), Inglaterra (10 %), Canadá (5 %), España (3 %), Chile (2 %) y Francia (1 %).

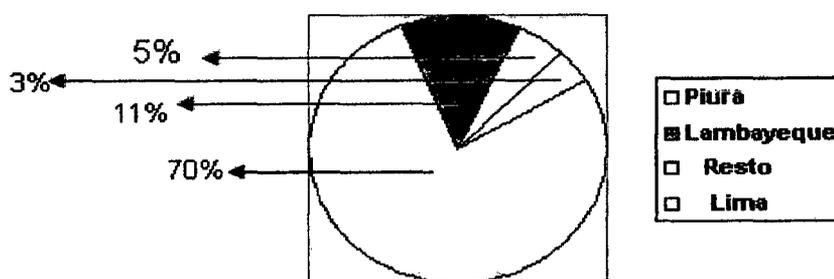


Figura 04: Producción nacional para exportación de mango año 2013

Fuente: Ministerio de agricultura y riego (2013)

### **2.3. Requerimientos edafoclimáticos**

Cedrón (2013). La planta del mango puede desarrollarse bien en diferentes clases de terreno, siempre que sean profundos y con un buen drenaje, factor este último de gran importancia. En terrenos en los que se efectúa un abonado racional la profundidad no es tan necesaria; sin embargo, no deben plantarse en suelos con menos de 80 a 100cm de profundidad. Se recomiendan en general los suelos ligeros, donde las grandes raíces puedan penetrar y fijarse al terreno. El pH estará en torno a 5.5-5.7; teniendo el suelo una textura limo-arenosa o arcillo-arenosa. Los requerimientos hídricos dependen del tipo de clima del área donde estén situadas las plantaciones. Si se encuentran en zonas con alternancia de estaciones húmeda y seca, son óptimas para el cultivo del mango. Cuando más agua necesita los árboles es en sus primeros días de vida, llegando aproximadamente de 16 a 20 litros semanales por árbol. Esto sucede durante los dos primeros años y siempre que el árbol esté en el terreno; no es lo mismo en el vivero, donde sus exigencias son menores. Una vez que el árbol está enraizado aguanta muy bien la sequía; prospera con la cuarta parte del agua que necesita la platanera y puede tolerar, según clases de tierra, hasta 400 miligramos de sal por litro de agua. El mango prospera muy bien en un clima donde las temperaturas sean las siguientes:

Invierno ligeramente frío (temperatura mínima de 10°C).

Primavera ligeramente cálida (temperatura mínima superior a 15°C). Verano y otoño cálido. Ligeras variaciones entre el día y la noche. Un árbol de buen desarrollo puede soportar temperaturas de dos grados bajo cero, siempre que éstas no se prolonguen mucho tiempo. Un árbol joven, de dos a cinco años, puede perecer a temperaturas de cero y un grado centígrado.

## **2.4 Postcosecha del mango**

La cosecha debe efectuarse antes de que alcance el punto climatérico, ya que los frutos que maduran en el árbol son de un aroma inferior y poco resistente al transporte. Existen algunos caracteres visuales que pueden ser empleados para determinar el punto de corte en algunas variedades y tipos:

- \* Inicio de la coloración amarilla en el extremo inferior de la fruta.
- \* Formación de cavidad en la base del pedúnculo. En la mayoría de las variedades de mango al llegar su madurez fisiológica, la pulpa se vuelve amarilla, y puede determinarse fácilmente al rebanar la pulpa de unas cuantas frutas, de ahí que éste puede ser un factor guía para su cosecha. (Rodríguez et. al., 2002).

### **2.4.1 Aspectos Fisiológicos**

El daño por frío es causado por temperaturas menores a las temperaturas óptimas que se mencionaron en la sección de pre-enfriado. Hay que notar que el daño es acumulativo y entre más baja es la temperatura, mas inmadura es la fruta, más sensible es la variedad, y más tiempo está expuesta la fruta a dichas temperaturas, más rápido se manifiestan los síntomas de daño por frío. Los síntomas consisten en maduración des-uniforme, desarrollo de color y sabor sub-optimó, pardeamiento de la piel, hendiduras en la piel, incremento en la susceptibilidad a pudriciones y pardeamiento de la pulpa en casos severos. La recomendación es conocer la temperatura mínima segura para cada combinación de variedad y madurez del mango y evitar disminuir la temperatura más allá de ese mínimo. (Ovando, 2005).

Daño por calor y escaldado. Se conocen dos tipos de daño por altas temperaturas en mango:

Cuando se expone al mango a más de 30 °C por más de 10 días puede llegar a causar una maduración des-uniforme, con cambio irregular del color de la piel, dando la apariencia de manchado de verde.

Cuando se exceden las temperaturas o tiempos recomendados de los tratamientos hidro-térmicos se puede causar los mismos síntomas mencionados anteriormente incluso evitándose el cambio de color de la piel, más aparte se puede causar un escaldado de la piel, manifestación de daños mecánicos, achicamiento o “chupado” de mangos inmaduros, y eliminación temporal de la capa de cera natural del mango. Como es obvio, la recomendación en ambos casos es de no sobrepasar las temperaturas y tiempos mencionados como umbral para causar el daño, minimizar el daño mecánico y evitar procesar fruta inmadura (para mayor detalles sobre los tratamientos, consulte la sección correspondiente (Ovando ,2005).

La semilla gelatinosa y punta blanda, el síntoma típico de este desorden fisiológico es la maduración prematura de la pulpa, desintegrándose en una masa gelatinosa, normalmente alrededor de la semilla o hueso en el caso de la semilla gelatinosa y en la punta del mango (opuesta al pedúnculo) en el caso de la punta blanda. En el caso de la punta blanda el tejido puede tornarse esponjoso. Estos problemas fisiológicos se relacionan más claramente con la deficiencia de calcio y exceso de agua y nitrógeno. Se recomienda revisar los suelos y corregir deficiencias de calcio a la vez que se balancea el nitrógeno con el potasio y se evitan riegos excesivos (Ovando ,2005)

**Daños Mecánicos.** Hay varios tipos de daño mecánico; por rozaduras, cortaduras, vibración, golpes, y compresión. Todas tienden a manifestarse característicamente en el exterior con excepción de algunos casos moderados de golpes y compresión que se manifiestan en el interior con ablandamiento de pulpa. Estos daños provocan maduración prematura y entrada potencial de enfermedades (Ovando ,2005).



**Figura 05: Daños mecánicos del fruto del mango**

**Fuente: Ovando (2005).**

- **Daño por raspaduras o rozaduras.** Este daño físico es comúnmente causado por la rozadura de ramas, pedúnculos de mangos cosechados previamente o por alguno de los materiales utilizados para la cosecha. Se puede diferenciar la causa del daño dependiendo si el daño es reciente (sin cicatrizar; durante la cosecha) o fue producido antes de la cosecha (herida cicatrizada).
- **Golpes.** Los golpes pueden ocurrir a través de la cosecha y manejo de post-cosecha. Entre mayor es la altura, mayor es el impacto y el daño. Normalmente este tipo de daño se manifiesta primero en el interior y posteriormente en el exterior dependiendo de su intensidad. El tratamiento hidro-térmico maximiza el efecto externo de este tipo de daño

• Cortaduras. Las cortaduras normalmente ocurren mediante instrumentos de cosecha, ramas, uñas o por la acción de cualquier material punzo-cortante en todo el proceso. Una fruta con cortaduras es una receta segura para pudriciones y sobre-maduración. En muchas ocasiones la huella de la cortadura indica que la causó. Es muy importante eliminar este tipo de fruta (Ovando, 2005).



Figura 06: Cortaduras del fruto del mango

Fuente: Ovando (2005).

Manchado por látex. El mango almacena látex desde la parte de la pulpa próxima al pedúnculo hasta aproximadamente un centímetro o más de la longitud del mismo alejándose del mango. Cuando se cosecha el mango o accidentalmente se cae, el látex (que se encuentra a presión), se puede derramar sobre el mismo mango, sobre mangos en el mismo racimo, o en la misma caja donde se transporte mientras este siga fluyendo y antes que se cicatrice la herida del pedúnculo (aproximadamente 15-30 minutos). El látex es una sustancia abrasiva que al tocar la piel del mango causa un manchado característico que sigue la trayectoria de las gotas del mismo sobre la piel del mango. Adicionalmente, el efecto de abrasión abre el paso para diversos patógenos. Dependiendo de la variedad del mango y si éste se

lava o no, y que tan rápido se lave, el manchado puede disminuirse pero raramente eliminarse por completo. (Ovando, 2005).

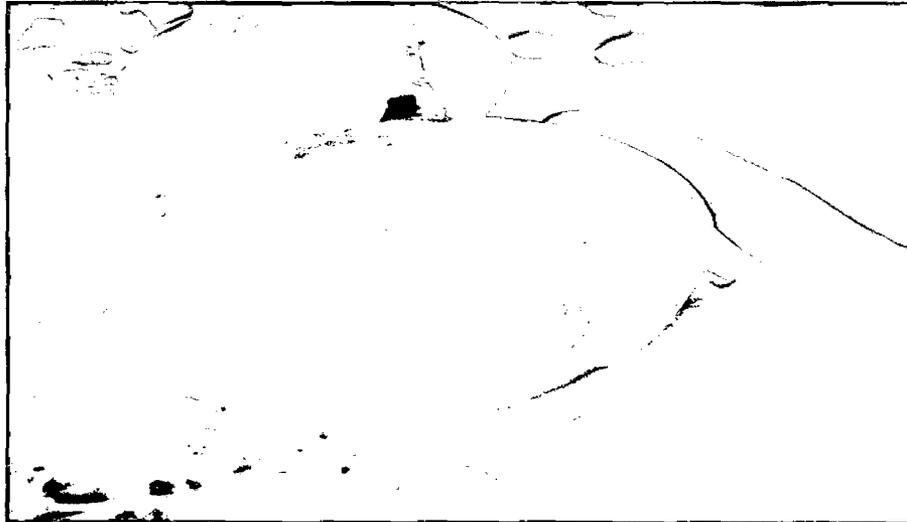


Figura 07: Manchado por látex del fruto del mango

Fuente: Ovando (2005).

#### 2.4.2 Aspectos físico-químicos.

Las frutas realizan el proceso de respiración, es decir consumen sus reservas de carbohidratos, quemándolas para producir  $\text{CO}_2$ , agua y energía necesaria para mantener los procesos vitales. Parte de esta energía se pierde al ambiente y puede producir calentamiento del producto con pérdida de peso cambios de sabor y envejecimiento. El otro proceso importante es la transpiración, es decir la pérdida de agua por los poros. Su velocidad depende del producto, de la temperatura y de la humedad ambiental. (Toledo ,1985).

Las frutas se clasifican en climatéricas y no-climatéricas, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo (Cuadro 5). Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados. Las frutas climatéricas pueden ser maduras organolépticamente en la planta o después de cosechadas. Las frutas no-climatéricas sólo maduran para consumo en la planta (Arias y Toledo, 2000).

Wills et. al. (1992). Declara que la velocidad que transcurre la respiración de un producto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una guía útil de su vida comercial.

La actividad respiratoria es más alta en las fases previas a la maduración y declina luego con la edad.

**Cuadro 05. Clasificación de algunas frutas en función de su comportamiento respiratorio**

<b>FRUTAS CLIMATERICAS</b>	<b>FRUTAS NO CLIMATERICAS</b>
Palta ( <i>Persea americana</i> )	Limón sutil ( <i>Citrus aurantifolia</i> )
Chirimoya ( <i>Anona cherimolia</i> )	Mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> )
Granadilla ( <i>Passiflora edulis</i> )	Naranja dulce ( <i>Citrus sinensis</i> )
Mango ( <i>Magnifera indica</i> )	Sandía ( <i>Citrullus vulgaris</i> )
Melón ( <i>Cucumis melo</i> )	Piña ( <i>Ananas comosus</i> )
Papaya ( <i>Carica papaya</i> )	Pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> )
Plátano ( <i>Musa spp.</i> )	Toronja ( <i>Citrus grandis</i> )
Maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> )	Uva ( <i>Vitis vinifera</i> )

Fuente: Arias y Toledo (2000).

Un grupo significativo de frutas entre los que se incluye el plátano, el mango y la manzana, al igual que el tomate, muestra una variante del esquema descrito, en cuanto que la actividad respiratoria aumenta de un modo muy acusado durante la maduración organoléptica denominado CLIMATERICO (Arias y Toledo, 2000).

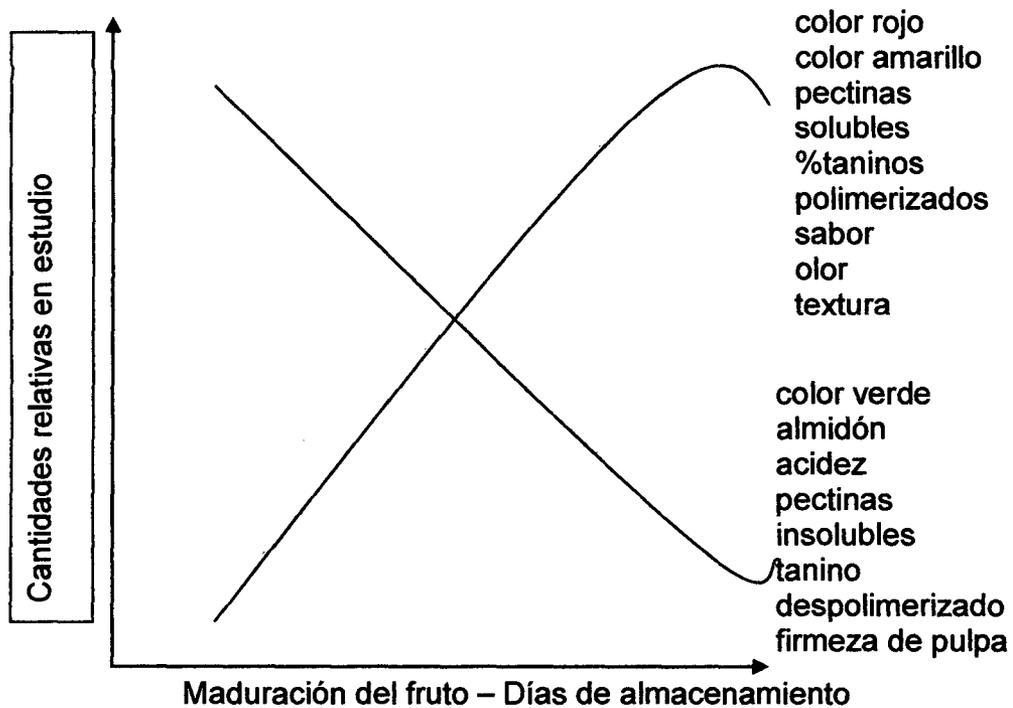


Figura 08: Cambios asociados con la maduración organoléptica del fruto.

Fuente: Wills et. Al.(1992).

Merlyng, (1994). Dice que el fruto del mango produce etileno y son sensibles a él, unas cuantas frutas madurando en una caja pueden causar maduración al resto de las frutas. El etileno ha sido identificado como una hormona natural en las plantas, que ejerce una mayor influencia sobre los aspectos del crecimiento desarrollo y senescencia, incluyendo el inicio de la maduración.

Durante la maduración del mango, la cáscara cambia de color verde a amarillo como resultado de cambios en la pigmentación, el color rojo permanece constante.

La coloración amarilla y verde es impartida por los pigmentos lipídicos solubles, presentes en los plastidios, clorofilas y carotenos, mientras que la coloración roja se debe a las antocianinas presentes en las vacuolas que son solubles en agua.

#### 2.4.3 Aspectos microbiológicos.

Ovando (2005). Señala que el daño por insectos de larva de mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* y *Anastrepha* spp) es el problema más importante y de mayor relevancia en cuanto a daño por insectos de relevancia en post-cosecha, ya sea por razones cuarentenarias o simplemente por el mal aspecto que causa el encontrar tejido descompuesto y larvas dentro de la fruta donde las moscas de la fruta pusieron sus huevecillos. En el exterior es difícil de evaluar ya que la cicatriz de la ovoposición de la mosca muchas veces no es fácil de detectar o puede pasar desapercibida

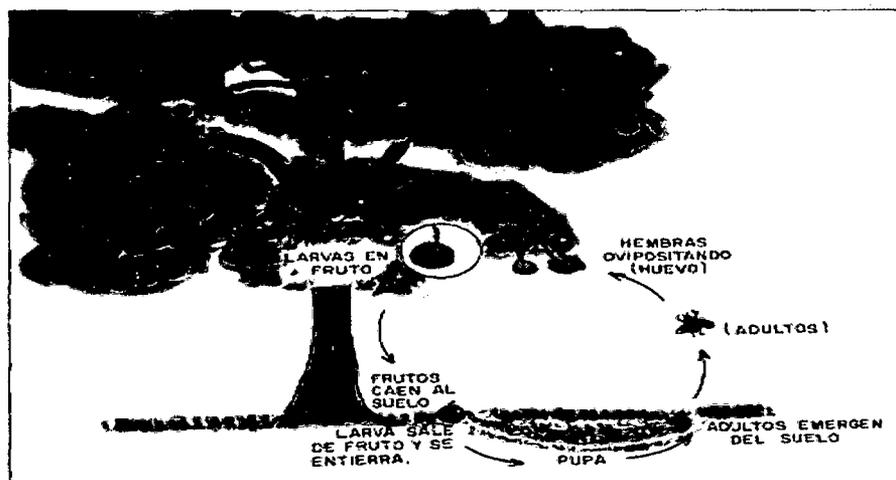


Figura 09: Ovoposición de la mosca de la fruta

Fuente: Ovando (2005).

La rotura de los tejidos de la fruta ocasionada por daños físicos facilita la invasión por microorganismos e incrementa la pérdida de agua del producto. Ciertos patógenos producen o inducen la formación de enzimas que hidrolizan las paredes celulares, ocasionando un ablandamiento de los tejidos y una degradación de toda la fruta. Los tejidos de la fruta pueden decolorarse por la síntesis de ciertas sustancias que se producen como respuesta al ataque de los patógenos. Los patógenos pueden producir o inducir la síntesis de una serie de productos tóxicos que ocasionan malos olores y sabores que hacen que la fruta no sea apta para el consumo humano.

Arias y Toledo (2000). Indica que la susceptibilidad de las frutas al deterioro por enfermedades aumenta con el tiempo de almacenamiento. Esto está relacionado con el proceso de senescencia durante el cual se incrementa la permeabilidad de las membranas celulares y se produce una eventual desorganización total de la estructura del producto. Con la edad del producto también disminuye la capacidad de síntesis de sustancias fungistáticas naturales (fitoalexinas) que protegen a las frutas. Si se desea comercializar productos frutícolas a mercados externos se tienen que idear tratamientos de desinfección (inactivación de huevos, larvas, y pupas) debe ser económicos y presentar inocuidad.

Mitchell y Kader (1992). Han desarrollado diversos procedimientos para eliminar los insectos de frutos como el uso de irradiación, agentes físicos y químicos tres de ellos se encuentran en uso como son la fumigación con gases esterilizantes, las bajas temperatura y la exposición corta de temperaturas elevadas.

La irradiación aún no es aceptada por las autoridades sanitarias. Los gases útiles disponibles para el control de la mosca de la fruta es el acrilonitrilo, dibromuro de etileno (EDB) y dióxido de etileno. (Mitchell y Kader, 1992).

Cuadro 06: Algunos insectos y ácaros hospedadores de frutas

Nombre científico	Nombre común	Huésped	Distribución geográfica
Cidyapomonella	Gusano de manzanas	Manzana, pera, membrillo	Todo el mundo
Ceratitis capitata	Mosca mediterránea de la fruta	Frutos subtropicales	Europa, África central, Sudamérica, Australia, Hawái
Anastrepha fraterculus	Mosca sudamericana de la fruta	Cítricos, melocotón	Sudamérica, Indias occidentales y Centroamérica
Panonychus ulmi	Araña europea roja	Manzana y otras frutas	Europa, África, Asia, Australia, Nueva Zelandia, Norteamérica y Sudamérica
Stermochaetus mangifera	Gorgojo mango	del Mango	África, Asia, Australia

Fuente: Mitchell y Kader (1992).

Coccidios: los insectos de esta familia que atacan al mango son numerosos, como la cochinilla blanca, la cochinilla de la tizne, el piojo rojo, etc. Sus daños se producen tanto en el tronco como en hojas y frutos; además originan una melaza sobre las partes afectadas que favorece el ataque de diversos hongos. Los frutos pueden sufrir decoloraciones que impiden su exportación. De ser el árbol invadido por la tizne o fumagina, será mejor sustituir los aceites por insecticidas sistémicos; para combatir esta plaga se puede emplear polisulfuro de potasio aplicado en fuertes dosis en invierno. (Valdemayor, 1979).

Polillas de las flores: se trata de dos pequeños lepidópteros, el *Prays citri*, de la familia Tineoideos, y el *Cryptoblabes gnidiella*, de la familia Pyraloideos; la primera muy específica de los agrios, y la segunda sumamente polífaga, ya que además de atacar los agrios lo hace también a la vid, al almendro, al melocotonero y a otras plantas cultivadas o silvestres, entre ellas el mango. La *Prays*, en su fase adulta, es una mariposa de 12 mm de longitud, de color gris ceniza con manchas oscuras diseminadas en las alas anteriores. Sus orugas tienen una longitud de 7 mm, de color terroso, cabeza y pronoto negros, con varios pelos rígidos en cada segmento. La segunda es una mariposa algo mayor que la anterior, con alas anteriores de color gris, cruzadas por dos franjas negras transversales, y las posteriores de color blancuzco uniformes; sus orugas, de unos 8 mm, son de color verdoso con unas líneas longitudinales oscuras a ambos lados de una franja más clara. La cabeza y pronoto es de color castaño. Ambas polillas tienen unas tres generaciones anuales; sus orugas atacan a las flores, devorando pétalos y estambres, y roen los ovarios con la consiguiente destrucción de los frutos. Se recomienda un tratamiento anual con Lebaycid al 4 %, en primavera, cuando empiezan a abrirse las flores. (Valdemayor, 1979).

#### DAÑOS POR ENFERMEDADES

La antracnosis es la causa de un hongo llamado *Colletotrichum gloesporoides* y prolifera más en zonas de alta humedad y precipitación. Comienza como una infección latente difícil de apreciar a simple vista cuando la fruta está todavía inmadura. Cuando la fruta madura la antracnosis se manifiesta como manchas negras circulares bien delimitadas que se extienden y se agregan conforme progresa la infección y que pueden afectar la pulpa sobre todo si está muy avanzada la infección (oscureciéndola). Las manchas pueden tomar la forma de las quemaduras de látex cuando estas favorecen la entrada del

hongo y por consiguiente su infección. El inoculo se origina de hojas y tallos infectados y se disemina por salpicaduras o quemaduras de látex. Se recomienda eliminar hojas y ramas infectadas, facilitar la circulación del aire en la copa del árbol por medio de varias podas durante el ciclo de crecimiento del fruto (ver poda en consideraciones de pre-cosecha), aplicar fungicidas preventivos aprobados, y tratar la fruta con tratamientos hidro-térmicos solos o en combinación con fungicidas aprobados. (Ovando,2005).



Figura 10: Antracnosis en el fruto del mango

Fuente : Ovando (2005).

Otras pudriciones pueden presentarse pudriciones diferentes a las ya mencionadas en distintas formas tales como pudriciones blandas, y de formas irregulares que pueden ser provocados por hongos tales como *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., o *Alternaria alternata*. Los dos primeros prevalecen en post-cosecha mientras que el último puede aparecer desde antes de la cosecha. En la mayoría de los casos las quemaduras de látex y daños mecánicos contribuyen enormemente a la entrada de los hongos en el la piel del mango. *Alternaria alternata* puede ocurrir en condiciones de baja precipitación y se manifiesta como manchas negras circulares en la piel de la fruta que al juntarse penetran y oscurecen la pulpa. El tratamiento con agua caliente y fungicida es muy efectivo para su control. Normalmente estos hongos aparecen de manera secundaria a algún tipo de daño en comparación con los dos anteriores que son más agresivos. Ovando, 2005.

Wills et. al.,(1984). Manifiesta que el deterioro de frutas y hortalizas después de su recolección puede ser causado por numerosos hongos y bacterias. Las pérdidas más importantes son ocasionados por hongos del género *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilia*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Sclerotinia* y por bacterias de los géneros *Erwinia* y *Pseudomona*. La mayor parte de estos microorganismos son débilmente patógenos que solo puede invadir productos dañados y productos químicos utilizados para su control se detallan algunos en los siguientes cuadros.

**Cuadro 07: Principales causas de enfermedades de algunos frutos después de su recolección**

Producto	Enfermedad	Agente patógeno
Frutos cítricos	Podredumbre	Phomopsis citri fawc
	Moho verde	Alternaria citri
	Moho azul	Penicillium digitatum Penicillium italicum
Papaya y mango	antracnosis	Colletotrichum gloesporoide
Manzana	Podredumbre lenticelar	Phylctaeana vagabunda Penicillium expansum
	Podredumbre parda	Rhizopus stolonifer
Melocotón, fresa, cereza	Podredumbre parda	Rhizopus stolonifer
piña	Podredumbre negra	Ceratocyti sporadoxa
Papa y otros foláceos	Podredumbre bacteriana	Erwinia caratovora

Fuente: Wills et. al., (1984).

La Cercospora del mango se presenta en las hojas por la pérdida de clorofila y por una exudación un tanto azucarada, debe prevenirse la invasión al primer síntoma, a base de caldos cúpricos en dosis débiles por ser relativamente tóxicos. El Oidio del mango es una de las enfermedades de mayor difusión a nivel mundial. Las flores quedan cubiertas de un polvillo blanquecino grisáceo con olor a moho, éstas no se abren y la inflorescencia cae. Las hojas acaban resecaándose, según los cultivares los

síntomas se manifiestan en el envés, en el haz o en ambas caras de la hoja. Puede producirse el cuarteado de la piel de los frutos, y la caída de los más pequeños. Tratamientos preventivos a base de azufres y el polisulfuro de potasio bastan para eliminarlo. *Oidium mangiferae* es uno de los agentes causales del oidio del mango cuya epidemiología ha sido descrita. (Schoeman et al, 1995).

Seca del mango se trata de una enfermedad destructiva que puede causar la muerte del árbol, siendo el agente causal un hongo (*Ceratocystis fimbriata*), que normalmente se asocia a su vector que es un insecto (*Hypocryphalus mangiferae*). Este hongo puede acceder también a través de las raíces, por tanto en este caso no necesita este vector. Los síntomas se manifiestan en la parte aérea con un amarillamiento, marchitez y muerte de las hojas. Si realizamos un corte a la rama se observa los tejidos internos totalmente dañados. Para el control de la enfermedad se recomienda realizar podas de limpieza y la quema de las ramas marchitas y los cortes de poda tratarlos con algún fungicida. (Schoeman *et al*, 1995).

Malformación es una de las enfermedades más graves del mango en el mundo, estando causada por el hongo *Fusarium subglutinans*. La malformación vegetativa afecta a las plantas de vivero y la malformación floral sólo tiene lugar en las plantaciones adultas. Los síntomas vegetativos se manifiestan con entrenudos cortos y hojas enanas, la malformación floral se inicia con la reducción de la inflorescencia dando lugar al incremento de flores estériles. Para su control se recomienda la poda del material afectado tanto vegetativo como floral y posteriormente proceder a su quema. (Schoeman *et al*, 1995).

La Mancha negra es una enfermedad de post cosecha, aunque a veces puede causar problemas al follaje, flores y frutos causados por el hongo *Alternaria alternata*. Tiene mayor incidencia en las áreas más secas del hemisferio oriental. Los síntomas se manifiestan en el envés de las hojas, apareciendo manchas negras redondas. Los síntomas en los frutos se desarrollan tras la cosecha, al comienzo de la maduración, con la aparición de pequeñas manchas circulares. A continuación estas manchas se agrandan y dan lugar a una mancha única que llega a cubrir la mitad del fruto. La enfermedad avanza y las manchas penetran en la pulpa que se oscurece y ablanda. Un tratamiento eficaz de pre-cosecha. (Dodd *et al.*, 1997).

Cuadro 08; Productos químicos utilizados como fungicida a frutos

Nombre	Agente controla	Huésped	Nota
Teraborato sódico	Penicillium	Cítricos	Moderado
Carbonato de sodio	Penicillium	Cítricos	Ligeramente eficaz
Benomilo, tiabendazol methiltiofanato,	Penicillium Colleotrichum	Cítricos frutos de hueso	Eficaz
Ácido sórbico	Alternaria , Cladosporium	Higos	Eficaz en almacenes
Ácido hipocloroso	Hongos bacterias	Producto	Buen esterilizante
O-fenilfenato sódico	Penicillium	Producto	Controla el pH
captan bisulfito	Hongos ,botrytis	Varios	residuos inocuos

Fuente: Mitchell y Kader (1992).

## **2.5 Conservación de mango.**

### **2.5.1 Pérdida de peso (deshidratación).**

La fruta cosechada pierde agua por transpiración de manera irreversible. Como consecuencia, el producto sufre una serie de alteraciones fisiológicas que aceleran los procesos de senescencia, síntesis de etileno y deterioro de tejidos. Esto, conjuntamente con los síntomas externos de marchitez y arrugamiento del producto, afectan seriamente su calidad comercial. En general, se puede decir que un 5% de pérdida de agua es aproximadamente el valor máximo permisible en frutas. La pérdida de agua por transpiración es mayor a temperatura alta y humedad relativa baja (Toledo ,1985).

Alarcón (1995). Hizo trabajos de conservación de frutos de mangos refrigerados a 10 C° y 12 C°, luego de encerado y embolsado, se registraron 4.88% de pérdida de peso y 8.05 % respectivamente.

### **2.5.2 Color de cáscara del fruto**

Con la maduración por lo general disminuye el color verde de las frutas debido a una disminución de su contenido de clorofila y a un incremento en la síntesis de pigmentos de color amarillo, naranja y rojo (carotenoides y antocianinas) que le dan un aspecto más atractivo a ésta ( Arias y Toledo ,2000).

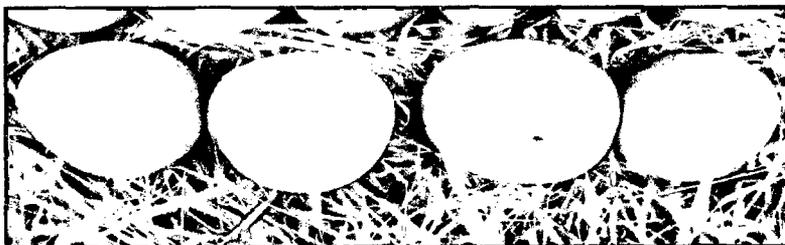


Figura 11: Color del fruto del mango

Fuente: Ovando ( 2005).

Francis (1995). Incide que el método disponible más importante en la medición instrumental de los colores es el sistema de colorimetría triestímulo en la cual señales de una muestra por reflexión o transmisión son convertidas en unidades relacionadas a la manera como el ojo humano ve el color. Un colorímetro triestímulo contiene generalmente tres combinaciones de filtro-fotocélula las cuales imitan las respuestas de los tonos rojos verdes y azules del ojo.

Hunterlab (1996). Afirma que diversos sistemas de memoria fueron desarrollados y reglamentados por la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, o comité internacional de iluminación), los datos son proyectados en un sólido de memoria tridimensional, denominado espacio de colores "medir color" en términos de coordenadas dentro de un espacio de colores. El espacio de colores CIELAB es organizado en coordenadas rectangulares cartesianas, conforme la figura 1 El eje  $L^*$  va del tope a la base, siendo el valor máximo de  $L^*$  es 100 (blanco) y el mínimo es cero, lo cual representa el negro. Los ejes  $a^*$  y  $b^*$  no tienen límites numéricos específicos, de forma que el rojo es representado por  $+a$  y el verde por  $-a$ ; el amarillo como  $+b$  y el azul  $-b$ .

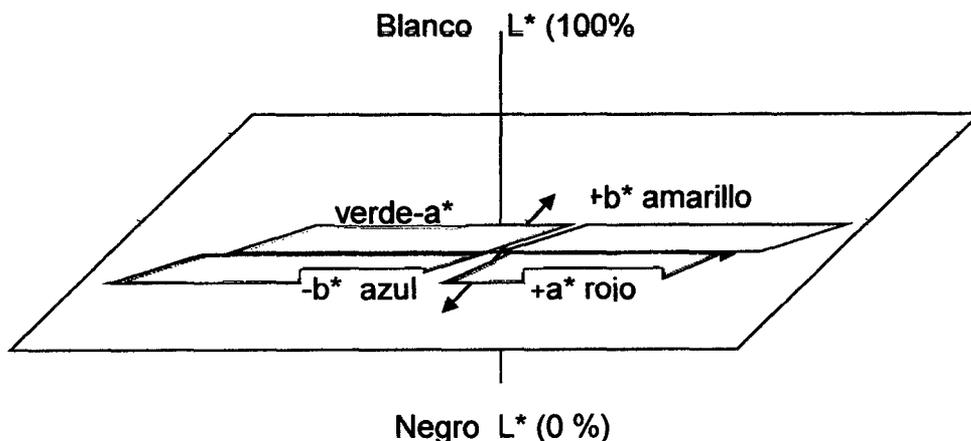


Figura 12: Diagrama de representación del espacio del color CIELAB

La diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) es un parámetro que puede ser calculado a partir de  $L^* a^* b^*$ . Concentra las diferencias entre  $L^* a^*$  y  $b^*$  de dos muestras en un único valor numérico. Esta variable, la cual es calculada por la ecuación fue desarrollada para aproximarse a una diferencia perceptible al ojo humano Lawless y Heymann, 1999.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Un aumento del valor  $L^*$  en tejidos fotosintéticos durante el almacenamiento se relaciona con el producto más claro, por un incremento de la luminosidad por el amarillamiento del producto debido a la degradación de la clorofila que ocurre en la senescencia, consecuentemente el incremento del valor  $a^*$  implica una reducción en la pigmentación verde (Castañer et. al., 1999).

### 2.5.3 Porcentaje de sólidos solubles totales (°brix), pH, acidez y vitamina C.

Merlyng (1994). Señala que la hidrólisis del almidón se debe a la participación inicial de la enzima fosforilasa y posteriormente de la amilasa en la hidrólisis rápida. El sabor del mango es un balance entre el contenido de azúcar y ácidos; los mangos maduros pueden contener hasta 15 % de azúcares con un pH de 5.

Hallman (1988). Indica que para el almacenamiento de frutos de mango a corto plazo los porcentajes de azúcares deben estar en 10 grados brix; si es para distancias medias 9 grados brix y para largas distancias 8 grados brix.

Spencer (1996). Señala que la cantidad de ácidos tiende a disminuir, y las cantidades de proteínas pueden incrementarse en algunos frutos, así mismo sustancias pépticas sufren desdoblamiento y polimerizaciones; todo lo que pueda afectar la consistencia de las células, cambios de color en la maduración pueden involucrar la destrucción de la clorofila o alteraciones cualitativas y cuantitativas de los pigmentos.

Sandoval (1970). Obtuvo resultados de degradación de estos componentes, 19.98 % SST a los 10 días de tratamiento y 19.66 % a los 15 días de tratamiento, luego de esperar la maduración en frío a los frutos de mango Kent.

Alarcón (1995). Hizo estudios de encerado y embolsado del fruto de mango y encontró un incremento de 10.23 % a 16.3 % SST sometidos a temperatura de 10 °C. Con pH inicial de 4.067 y 3.93 de pH de término. La acidez de 0.473 a 0.495 y 30 días de prueba.

Pantastico (1984). Indica que las variaciones del contenido de acidez y ácido ascórbico (vitamina C) en el fruto del mango en función de su madurez se especifican en el siguiente cuadro 09.

Cuadro 09: Variaciones de acidez y ácido ascórbico del fruto del mango

Estado de madurez	Ácido ascórbico (g %)	Acidez (g %)
inmadurez	0.250	4.100 +/- 0.69
parcialmente maduro	0.090	3.730 +/- 0.10
maduro	0.100	0,293 +/- 0.17

Fuente: Pantastico (1984)

#### 2.5.4 Análisis microbiológicos

##### Bacteria aeróbica mesofila

Los recuentos totales expresan el número por g u ml de unidades formadoras de colonia (ufc) en alimentos, obtenidos en determinadas condiciones de cultivo en medio sólido incubado en aerobiosis. No existe una relación directa entre la flora aerobia y la posible presencia de los alimentos de microorganismos patógenos de procedencia intestinal, ni tampoco de otros agentes de infecciones e intoxicaciones alimentarias de diversa procedencia. En realidad un recuento alto de ufc en un alimento indica que probablemente ha estado en condiciones de tiempo y temperatura que han permitido el desarrollo de microorganismos. La simplicidad de la técnica hace que el recuento de la placa en flora aerobia viable sea un paso inicial frecuente en el análisis microbiológico de los alimentos de bacteria aeróbica mesófila. En alimentos congelados y en los conservadores en refrigeración, los recuentos de la flora bacteriana psicrotrofa pueden relacionarse con las condiciones de conservación y son indicativos de la calidad bacteriológica en estos productos. En algunos alimentos tales como, los envasados al vacío, está indicado el recuento de la flora anaerobia mesófila, no debe utilizarse el tioglicolato sódico en los medios para el recuento de anaerobios. (García, 2001).

## Coli y Coliformes

Las investigaciones ecológicas han puesto de manifiesto que E. Coli, procede del intestino de hombre y de los intestinos de los animales de sangre caliente, si bien puede sobrevivir y aun multiplicarse en determinados substratos. Del origen fecal de E. Coli, se concluye que si esta bacteria se encuentra en algún alimento ello indica que han tenido lugar una contaminación de origen fecal y que, consiguientemente, existe el riesgo de que hayan llegado al alimento en cuestión microorganismos patógenos de procedencia entérica. En los alimentos que han sido sometidos a un tratamiento de higienización eficaz, que asegura su inocuidad para el Consumidor, por lo general, la determinación de coliformes o gérmenes del grupo coliaerógenos: gérmenes que, incubados a 37° C, fermentan la lactosa con producción de gas en un medio, con verde brillante y 2 % de bilis. Ya hemos señalado antes que esta determinación no tiene necesariamente relación con una contaminación de origen fecal y consiguientemente, con la posible presencia en los alimentos de microorganismos patógenos de procedencia entérica, sino que es sólo una indicación de deficiencias o fallos en el tratamiento industrial de los alimentos. Se utiliza a veces también la denominación "coliformes fecales" refiriéndose a los microorganismos que crecen y producen gas a partir de la lactosa en un medio que contiene sales biliares u otros agentes selectivos, equivalentes y que se incuban a 44-45.5 °C. (García,2001).

Las levaduras y los mohos crecen más lentamente que las bacterias en los alimentos no ácidos que conservan humedad y por ello pocas veces determinan problemas en tales alimentos. Sin embargo, en los alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua, crecen con mayor rapidez que las bacterias, determinando por ello importantes pérdidas por alteración de frutas frescas y zumos, vegetales, quesos, alimentos salazonados, cereales y encurtidos, así como en los alimentos congelados y en los deshidratados, cuyo almacenamiento se realiza en condiciones no adecuadas. Además existe el peligro potencial de producción de micotoxinas por parte de los mohos. En los alimentos frescos y en los congelados, pueden encontrarse números reducidos de esporas y células vegetativas de levaduras, pero su presencia en estos alimentos es de escaso significado. Sólo cuando el alimento contiene cifras elevadas de levaduras o mohos visibles, el consumidor se dará cuenta de la alteración. La alteración por levaduras no constituye un peligro para la salud (García, 2001).

**Cuadro 10: Límites máximos de microorganismos permitidos en la calidad de frutas de exportación**

Análisis microbiológicos	Límite máximo permitido
Mohos y levaduras	273
Recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBAMV)	< 10
Coliformes totales	Negativo

Fuente: INTINTEC (1974) reportado por Rivera Abvíncula (2003)

## 2.6

### **Tratamiento hidrotérmico del fruto de mango.**

Hallman (1998). Declara que el único tratamiento aprobado para la exportación de mangos a los EE.UU es la inmersión en agua a 46.1 °C. Las características del tratamiento son: Que la temperatura en el interior de los mangos deben ser de mayor o igual a 21.1 ° C antes de iniciar el tratamiento. La temperatura del agua debe ser mayor o igual a 46.1 ° C durante el tratamiento. Sin embargo pueden bajar hasta el 45.4 ° C por menor o igual a 10 minutos para tratamientos de 65 y 75 minutos y/o menor o igual a 15 minutos para tratamientos de 90 minutos. El agua debe cubrir la superficie de los mangos por mayor o igual a 10 cm. El tiempo de inmersión en agua depende del tipo y peso del mango. Los tipos de mangos alargados y planos (Francis) con pesos menores a 375 gr. se sumergen por 65 minutos, entre 375gr y 570gr se sumergen por 75 minutos. Los demás pesos menores o iguales a 425 gr. Se sumergen por 75 minutos entre 425 gr y 650 gr por 90 minutos.

USDA, APHIS, MAG/ENASA (1991). Opinan que una planta de tratamiento con agua caliente debe contar con una capacidad adecuada de calentamiento, aislamiento y control termostático que permita conservar la temperatura en el nivel o por encima de lo prescrito en el programa de tratamiento, durante el tiempo establecido para este producto. Es necesario un diseño adecuado de los componentes , que incluya un equipo de calentamiento de agua de alta capacidad y un sistema de circulación que asegure temperaturas uniformes en todo el producto que se está tratando .Se requiere un equipo de registro preciso para registrar simultáneamente en la misma gráfica las temperaturas del agua y el tiempo de cada tratamiento . La fruta debe estar mantenida a 4 pulgadas o más debajo de la superficie del agua durante todo el tratamiento. La fruta debe

pesar entre 426g y 650 gr para los tratamientos de 90 minutos, 425 gr. o menos para los tratamientos de 75 minutos.

ADEX-AID (1993) Señala que el tratamiento del mango con agua caliente tan pronto cosechado tiene un fundamento que exige EE.UU para acceder a ese mercado con mango fresco del Perú y otros países que confrontan la presencia de la mosca de la fruta. Además de eliminar huevos y larvas de la mosca de la fruta, se trata de eliminar infecciones latentes de la antracnosis que muchas veces se inician desde la floración.

## **2.7 Técnicas de almacenamiento**

### **2.7.1 Atmósfera controlada (AC)**

La tecnología de atmósfera controlada, combina almacenajes a bajas temperaturas con un control de los niveles de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera de almacenaje. Con el propósito de dilatar el proceso de maduración, existiendo la vida útil de postcosecha de los productos hortofrutícolas frescos, manteniendo mayor tiempo su calidad. El sistema de atmósfera controlada se presenta como una buena alternativa para el transporte de productos altamente perecederos, los cuales tradicionalmente utilizan vía aérea (FAO ,1987).

Bahamondez, 2000. Define que la atmósfera controlada es una técnica frigorífica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara frigorífica, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire). Se entiende como atmósfera controlada (AC) la conservación de productos hortofrutícolas, generalmente, en una atmósfera empobrecida en oxígeno (O<sub>2</sub>) y enriquecida en dióxido carbónico (CO<sub>2</sub>). En este caso, la composición del aire se ajusta de forma precisa, manteniéndose constante durante todo el proceso.

Esta técnica asociada al frío, acentúa el efecto de la refrigeración sobre la actividad vital de los tejidos, evitando ciertos problemas fisiológicos y disminuir las pérdidas por podredumbres. La acción de la atmósfera sobre la respiración del fruto es mucho más importante que la acción de las bajas temperaturas. Esta atmósfera controlada ralentiza las reacciones bioquímicas provocando una mayor lentitud en la respiración, retrasando la maduración, estando el fruto en condiciones latentes, con la posibilidad de una reactivación vegetativa una vez puesto el fruto en aire atmosférico normal.

Ovando (2005). Manifiesta que la atmósfera controlada es la variación bajo control de las concentraciones de oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno con el fin de reducir el ritmo de respiración y por ende de envejecimiento de frutas u hortalizas, alargando su vida de anaquel. Cada fruta u hortaliza tiene un rango óptimo para las concentraciones de oxígeno y bióxido de carbono y dentro de esos rangos la respuesta varía mucho dependiendo de la fruta o vegetal que se trate. En el caso del mango, el beneficio del uso de AC varía entre las distintas variedades y entre sus distintos estado de madurez. En la literatura se reporta hasta una semana o dos de incremento en la vida de anaquel pero se recomienda experimentar primero y tener mucho cuidado cuando se utiliza el encerado o cualquier otra sustancia o película (Ej. Bolsas), que pudieran tener un efecto aditivo en la baja del oxígeno y elevación del CO<sub>2</sub> hasta niveles nocivos para la fruta. Existen varios tipos de servicios de AC para contenedores marinos, desde activos (inyectan continuamente Nitrógeno para mantener bajo oxígeno; Sistema Carrier), hasta pasivos donde se establece una atmósfera inicial inyectando Nitrógeno y se mantiene mediante la respiración del producto y la regulación de entrada de aire cuando se necesita (Sistema Trans Fresh).

## 2.7.2 Atmósfera modificada (AM)

Bahamondez (2000). Informa que esta técnica se basa en el empleo de nitrógeno solo o mezclado con dióxido de carbono, y en la reducción del contenido en oxígeno hasta niveles normalmente inferiores al 1%. La atmósfera modificada se consigue realizando vacío y posterior reinyección de la mezcla adecuada de gases, de tal manera que la atmósfera que se consigue en el envase va variando con el paso del tiempo en función de las necesidades y respuesta del producto.

Galletti y Berger (2006) realizaron un estudio del efecto de la atmósfera modificada (MA) y la aplicación de la película de quitosano en la calidad y vida post-cosecha de pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait). Se cosechó frutos en Ovalle IV región en Chile, dirigida a seleccionar dos estados de madurez, M1 y M2 basados en tamaño y color de los frutos. Los tratamientos de AM se lograron mediante empaques, bolsas de polietileno de distintas características de permeabilidad (0.03 mm de espesor perforado y sellado; 0.035 mm de espesor y con ceniza volcánica) y otra con aplicación con quitosano, además un testigo sin recubrimiento. Se almacenó en cámara frigorífica a 8 °C y 85 % de HR durante 21 y 35 días y 3 días adicionales a 18 °C. Las variables medidas en cada oportunidad fueron deshidratación, color, firmeza, sólidos solubles, pH, acidez titulable y aceptabilidad.

## 2.8

### **Envasado en atmosfera modificada (EAM).**

Church (1994). Explica que este principio consiste en crear un ambiente con baja concentración de  $O_2$  y alta de  $CO_2$  dentro del empaque. El uso de películas de empaque hace posible la modificación de la composición de  $O_2$  y  $CO_2$  de la atmósfera que rodea los productos frescos de manera individual, sin tener que controlar todo un lote. La atmósfera modificada puede obtenerse por modificación activa o pasiva, en la activa, la atmósfera se modifica durante el empaquetado generalmente por inyección de una mezcla de gases a una composición dada y en la pasiva la permeabilidad en ( $O_2$ ,  $CO_2$ , etileno y vapor de agua) de las películas y la respiración del producto permitirá la creación de una atmósfera de equilibrio.

Bahamondez (2000). Señala, la técnica del envasado en atmósfera modificada (EAM) se deben tener en cuenta cuatro componentes básicos: el envase empleado, la mezcla de gases, los materiales de envase y los equipos de envasado; todos ellos condicionados a su vez por la naturaleza del producto a envasar. La composición normal del aire utilizado en el EAM es de 21% de oxígeno, 78 % de nitrógeno ( $N_2$ ) y menos del 0,1 % de dióxido de carbono. El  $CO_2$  es un gas altamente soluble en agua y con propiedades bacteriostáticas y fungistáticas, lo que retarda el crecimiento de hongos y bacterias aeróbicas. El  $CO_2$  actúa alargando la fase vegetativa del crecimiento microbiano. El dióxido de carbono no es totalmente inerte y puede influir sobre el color, la consistencia y otros atributos de la calidad de las hortalizas.

Tabla I Principales efectos químicos y bioquímicos de los gases en los vegetales almacenados bajo atmosfera modificada (AM).

---

**CO<sub>2</sub>**

Inhíbe la respiración del vegetal

Acidifica el líquido tisular (altamente soluble en agua)

Puede desnaturalizar proteínas

Inhíbe a la hormona de la maduración (etileno) y la hidrólisis de las pectinas

Disminuye la IR

Reduce el daño por frío de los tejidos vegetales

Efecto bacteriostático sobre los microorganismos:

Altera la membrana celular para toma de nutrientes y absorción

Inhíbe enzimáticamente o disminuye la velocidad de las reacciones

Genera cambios en el pH intracelular por su alta solubilidad en lípidos

Cambia las propiedades fisicoquímicas de las proteínas

**O<sub>2</sub>**

Activa la oxidación enzimática y química

Activa la degradación del beta caroteno

Es el sustrato de la respiración

**N<sub>2</sub>**

Estimula el crecimiento de las bacterias aerobias

Inhíbe el crecimiento bacteriano anaeróbico

Inhíbe algunas enzimas proteasas, lipasas y descarboxilasas

---

Fuente: Church (1994).

Del Valle y Palma (2002) manifiesta que después de empaquetar un vegetal, la concentración interior de O<sub>2</sub> comienza a disminuir y la concentración de CO<sub>2</sub>, agua y etileno (para frutos climatéricos) se incrementa como consecuencia de la respiración. Si la película es poco permeable se puede llegar a condiciones de anaerobiosis con la formación de etanol, acetaldehído u otros compuestos orgánicos asociados a olores y calidad indeseable. El cuadro 11 presenta condiciones aproximadas para conservar algunos productos hortofrutícolas por AM, la mayor parte de las frutas y hortalizas frescas son sensibles a condiciones de anaerobiosis por lo que deben almacenarse con al menos 5 % de O<sub>2</sub>.

**Cuadro 11: Condiciones sugeridas para atmósfera modificada (AM) de diversos productos hortofrutícolas**

Producto	Temperatura (°C)	% O <sub>2</sub>	% CO <sub>2</sub>
Manzana (Golden delicious)	-05 -2	1-3	1-5
Arándano	0-5	5-10	15-20
Durazno prisco	0-5	1-2	3-5
Kiwi	0-5	1-2	3-5
Mora	10-5	5-10	15-20
Apio	0-5	1-4	3-5
Brócoli	0-5	1-2	5-10
Cilantro	0-5	8-10	8-10
Espinaca	0-5	7-10	5-10
Tomate	12-20	3-5	2-3

Fuente: Del Valle y Palma (2002)

En una atmósfera de equilibrio, las velocidades de producción de dióxido de carbono y de consumo de oxígeno son iguales a las velocidades de permeación de los gases que pasan a través de la película, un envase ideal bajo atmósfera modificada deberá tener un balance óptimo de niveles de dióxido de carbono y oxígeno durante el almacenamiento, transporte, manipulación y distribución. El envasado bajo atmósfera modificada se requiere el uso de películas con permeabilidad específicas y deben definirse en función de la intensidad respiratoria (IR) del vegetal, la temperatura y la atmósfera que rodea al producto (Davies, 1995)

De acuerdo a las propiedades de permeabilidad de la película, pueden ocurrir tres situaciones en la atmósfera interna en el empaque:

Si es una película impermeable se pueden generar condiciones de anaerobiosis lo que provoca deterioro fisiológico del producto.

Si la película es demasiado permeable se pueden generar condiciones aerobiosis que provocan deshidratación y pérdida de peso del producto.

Si la película es de permeabilidad intermedia generará un balance adecuado en los niveles de  $O_2$  y  $CO_2$  en AM y conservará al producto por mayor tiempo. (Zagory y Kader, 1988):

En la tabla II principales ventajas y desventajas en el uso de atmósfera modificada (AM) para alimentos.

VENTAJAS.....

Incrementa la vida de almacenamiento del 50 hasta el 400%.

Reduce pérdidas económicas.

Permite comercializar y distribuir los productos a grandes distancias.

Mantiene a los productos con alta calidad.

Mejora la presentación – visibilidad

Disminuye o elimina el uso de conservadores químicos.

Frutas y Hortalizas

Retarda la maduración.

Reduce la producción y la sensibilidad al etileno.

Retarda el ablandamiento y otras reacciones asociadas a la maduración.

Puede reducir el daño por frío.

DESVENTAJAS.....

Aumenta los costos de empaque.

Emplea control de temperatura.

Requiere formulaciones de gases específicas para cada producto.

Los beneficios se pierden una vez abierto el empaque.

El volumen del empaque aumenta.

Frutas y hortalizas

Si los niveles de CO<sub>2</sub> son más altos que lo que el producto tolera puede tener daño fisiológico.

Si los niveles de O<sub>2</sub> son bajos puede haber respiración anaeróbica y producirse malos olores debido a la acumulación de etanol y acetaldehído.

---

Fuente: Davies (1995)

## 2.8.1 Factores que afectan el envasado en atmósfera modificada

### 2.8.1.1 Factores relacionados con el producto a empacar

a. Resistencia a la difusión de  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $C_2H_2$  y  $H_2O$ : La mayoría de frutas y hortalizas toleran niveles de  $O_2$  de hasta 1 – 5 % y niveles de  $CO_2$  de hasta 5 – 10%. Las diferencias en resistencia a la difusión se deben a diferencias anatómicas y bioquímicas. (Zagory y Kader, 1988):

b. Respiración: Mediante la respiración la fruta obtiene la energía necesaria para desarrollar una serie de procesos biológicos indispensables. El proceso respiratorio ocurre a expensas de las sustancias de reserva (azúcares, almidones, etc.) las que son oxidadas, con el consiguiente consumo de oxígeno ( $O_2$ ) y producción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Adicionalmente, la respiración genera calor (calor vital) que al ser liberado al medio que rodea a la fruta puede afectar al producto cosechado. La medición del calor vital de la respiración es de gran utilidad para determinar los requerimientos de enfriamiento, refrigeración y ventilación de la fruta durante su manejo postcosecha.

En general, cuanto mayor es el ritmo respiratorio del producto, menor es su vida útil de almacenamiento. Al respecto, los cítricos, la piña y la papaya poseen ritmos respiratorios bajos; en tanto que el del plátano es ligeramente mayor (Cuadro 1). Es conveniente, sin embargo, tener presente que la vida útil de la fruta en postcosecha depende de una serie de factores de los que el ritmo respiratorio es tan sólo uno de ellos (Kader, 1992).

Cuadro 12. Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.

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

Fuente: Kader (1992).

El efecto de la atmósfera modificada (AM) es disminuir la haciendo más lento el metabolismo y por consiguiente alargando la vida de anaquel del producto.

La velocidad de respiración depende tanto del proceso de maduración del producto (influencia interna) como de los cambios en concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (influencia externa). (Zagory y Kader, 1988):

c. Producción y sensibilidad al etileno: El etileno es una sustancia natural (hormona) producida por las frutas. Aún a niveles bajos menores que 1 parte por millón (ppm), el etileno es fisiológicamente activo, ejerciendo gran influencia sobre los procesos de maduración y senescencia de las frutas, influyendo de esta manera en la calidad de las mismas. Asimismo, la formación de la zona de desprendimiento de la fruta del resto de la planta (abscisión), también es regulada por esta sustancia. Lo mencionado evidencia la importancia que tiene el etileno en la fisiología postcosecha.

No existe relación entre la cantidad de etileno que producen distintas frutas y su capacidad de conservación; sin embargo, la aplicación externa de este gas generalmente promueve el deterioro del producto acortando su vida de anaquel (tiempo útil para su comercialización) (Arias y Toledo, 2000).

La tecnología de atmósfera modificada (AM) es efectiva en retardar la maduración del fruto controlando los efectos y biosíntesis del etileno. Bajas concentraciones de O<sub>2</sub> inhiben la acción de la enzima formadora de etileno (EFE), así disminuyen la transformación del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) a etileno. Además, niveles de O<sub>2</sub> menores al 8% y niveles de CO<sub>2</sub> superiores al 1% reducen la sensibilidad de vegetales al etileno (Kader, 1992).

Cuadro 13. Clasificación de algunas frutas tropicales según su producción de etileno.

Clase	Etileno (ml/kg/h a 20°C)	Producto
Muy bajo	< 0.1	Cítricos
Bajo	0.1 - 1.0	Piña, melón casaba, sandía
Moderado	1.0 - 10.0	Mango, melón "Honey Dew", plátano
Alto	10.0 - 100.0	Melón reticulado, palta (aguacate), papaya
Muy alto	> 100.0	Maracuyá

Fuente: Kader (1992).

d. **Temperatura óptima:** Es aquella que retarda la senescencia de producto mantiene la calidad del producto sin causar daño por frío u otro daño. Los productos tropicales son sensibles a las bajas temperaturas y deben almacenar a menos de 13°C, sin embargo los productos que no son sensibles al daño por frío pueden almacenarse hasta a 0°C (Zagory y Kader, 1988).

e. **Humedad relativa óptima:** Es importante controlar la humedad relativa ya que si es muy baja aumenta la transpiración y el producto se reseca y si es alta puede haber condensación acelerándose el deterioro del producto debido a microorganismo (Zagory y Kader, 1988).

Se han desarrollado diferentes sistemas para controlar los inconvenientes asociados por la transpiración como son los materiales desecantes gel sílice, oxido de calcio, cloruro cálcico, arcillas naturales u otros. Aplicaciones comerciales , bolsitas Tyvek, Natrasorb, Minipax y otros. También están polímeros absorbentes, copolímeros de almidón y ceras .Las resinas antivaho como etoxilatos y monoglicéridos. (Olivas y Barbosa ,2005).

f. **Concentración de Oxígeno y dióxido de carbono óptimas:** Una atmósfera óptima disminuye la velocidad de respiración sin provocar daño metabólico en el producto. El efecto de disminuir O<sub>2</sub> y aumentar CO<sub>2</sub> es aditivo por lo que se deben hacer pruebas experimentales en varias atmósferas. Es importante considerar que la atmósfera dentro de un empaque puede tener fluctuaciones, así que la atmósfera óptima no debe estar cercana a una que pueda provocar deterioro (Zagory y Kader, 1988):

Bajos niveles de O<sub>2</sub> en el ambiente pueden inducir procesos de fermentación en las frutas ocasionando la producción de malos olores y sabores y el deterioro del producto. Esto es común cuando la ventilación del ambiente en el cual se encuentran las

frutas es deficiente. Estos cambios son favorecidos por altas temperaturas. La acumulación de CO<sub>2</sub> puede retrasar el normal ablandamiento y pérdida del color verde de algunas frutas. En otros casos, se observa decoloración y deterioro internos por la acumulación de este gas en la atmósfera de almacenamiento; así como también, mal sabor y depresiones superficiales en la cáscara de la fruta. (Arias y Toledo, 2000).

Romero F. et. al ( 1996 ) manifiesta que la disminución de la intensidad respiratoria depende fundamentalmente de la especie y de la composición gaseosa en el interior del envase, cuando se alcanza el equilibrio. En algunos frutos, este descenso puede alcanzar valores del 45 % del nivel normal, cuando la atmósfera modificada es del 3 % de O<sub>2</sub> y 20 % CO<sub>2</sub>. Sin embargo, este efecto inhibitorio puede no ser irreversible si la actividad fisiológica del fruto no se ha visto alterada, recuperando los valores normales cuando se extraen los frutos de los envases y los colocan de nuevo al aire. La disminución de la actividad respiratoria de los productos sometidos a atmósfera modificada es proporcional a la concentración de oxígeno, aunque es necesario que ésta no sea inferior al 3 %, pues de lo contrario se iniciará el metabolismo anaerobio, con descarboxilación de ácido pirúvico a acetaldehído y CO<sub>2</sub>, finalmente formación de etanol. Este nivel crítico de O<sub>2</sub> depende esencialmente de la especie, variedad, temperatura, y tiempo de conservación. Al ser el oxígeno, sustrato no solo de la citocromo oxidasa, enzima implicada en el proceso de la respiración, sino también de numerosas oxidasas, ascorbicooxidasa, fenolasa, peroxidasa, alaoxidasa, lipoxigenasa, aminooxidasa, citocromo P-480, bajas concentraciones del mismo pueden modificar también los metabolitos en los que intervienen éstas enzimas.

### 2.8.1.2 Factores ambientales

a. **Temperatura y humedad relativa óptimas:** La temperatura del producto empacado en atmósfera modificada variará más lentamente que cuando no está empacado por intervención de la película de empaque. La permeabilidad de la película se incrementa con el aumento de temperatura en mayor proporción para dióxido de carbono que oxígeno. La humedad relativa tiene un efecto ligero en la permeabilidad de la película excepto si hay condensación de vapor de agua. La mayoría de las películas tienen una alta barrera al vapor de agua. El control del vapor de agua dentro de una atmósfera modificada es importante porque las frutas y hortalizas pierden agua, pierden turgor y si por el contrario se tiene una alta humedad relativa puede presentarse condensación afectando la apariencia y creando condiciones propicias para el crecimiento de microorganismos patógenos y deteriorativos (Zagory y Kader, 1988).

b. **Luz:** Afecta principalmente a frutas y hortalizas verdes ya que puede provocar que consuman  $\text{CO}_2$  y produzcan  $\text{O}_2$  por un proceso fotosintético, contrarrestando el efecto de la AM que busca conservar la atmósfera óptima dentro del empaque. (Zagory y Kader, 1988).

c. **Factores de sanidad;** Hay que considerar que el empaque de frutas y hortalizas en empaques plásticos puede crear una atmósfera de alta humedad, baja en oxígeno favoreciendo el crecimiento de microorganismos como *Botrytis* y *Geotrichum*. El Oxígeno es necesario tanto por los microorganismos aerobios como por los tejidos del vegetal almacenado, participando en algunas reacciones enzimáticas. En AM se busca la reducción hasta los niveles más bajos posibles de este gas pero a niveles a los cuales aún se cubran los requerimientos del mismo para la

respiración, la retención de color, o para evitar condiciones anaerobias. El nitrógeno ( $N_2$ ) es un gas inerte, con baja solubilidad en agua y grasas, y se usa fundamentalmente en una atmósfera modificada, para desplazar el oxígeno  $O_2$  y para prevenir el enranciamiento en frutos secos. El  $CO_2$  por su lado ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano, especialmente contra bacterias aerobias degradativas gran negativas, tales como *Pseudomonas* spp., las que provocan pérdida de color y malos olores en los alimentos (Zagory y Kader, 1988).

La técnica atmósfera modificada (AM) no es tan efectiva para inhibir a los microorganismos patógenos debido a que los niveles de  $O_2$  y  $CO_2$  necesarios para afectar el metabolismo de los mismos son también normalmente tóxicos para las células de frutas y hortalizas, por esta razón su aplicación se ha reducido a productos deshidratados, nueces, cereales y otros alimentos a granel de baja humedad; además del transporte o almacenamiento por periodos cortos de variedades resistentes a altas concentraciones de  $CO_2$  como las moras, frambuesas, cerezas, higos y uvas. (Del Valle y Palma, 2002).

Las bajas concentraciones de  $O_2$  interfieren con el metabolismo de los patógenos aeróbicos, mientras que las altas concentraciones de  $CO_2$  han demostrado ser fungistáticas y bacteriostáticas. Además aunque el  $CO_2$  disminuye el pH interno de los tejidos, se necesitan concentraciones muy altas (aprox. 80%) para disminuirlo de manera efectiva. Es importante sin embargo, mencionar que en vegetales con pH mayor a 4.5, las condiciones de baja concentración de oxígeno y alta de dióxido de carbono puede promover el crecimiento y generación de toxinas de *Clostridium botulinum*. (Del Valle y Palma, 2002).

Según Brody (1996). Dice que por regla general, la alteración de un alimento lo transforma en un producto inconsumible por las modificaciones de sus características organolépticas, como el sabor y aroma o su textura. La patogenicidad es el desarrollo de un número suficiente de microorganismos patógenos o de una concentración suficiente de toxinas en un alimento. El envasado en atmósfera controlada CA y/o atmósfera modificada (MA) podría inhibir el desarrollo de la flora alterante, permitiendo el crecimiento de los patógenos. Al eliminarse los microorganismos alterantes y sus efectos adversos sobre las propiedades sensoriales del alimento, las condiciones ambientales se modifican, lo que podría significar una potenciación del desarrollo de los microorganismos patógenos como consecuencia de suprimir competidores y de no haber producido sustancias típicas de alteración como ácido etc. Al envasar a vacío en materiales muy impermeable a los gases evita la retracción del producto, inhibir las oxidaciones y la posible modificación de su color. En realidad, el envasado al vacío es una variante del envasado en CA/MA porque la eliminación del aire es, en sí misma, una modificación de la atmósfera. La ausencia de oxígeno crea unas condiciones, para microorganismos anaerobios estrictos puedan multiplicarse y producir toxinas. Además, la inhibición de la flora aerobia alterante puede generar unas condiciones que favorezcan el crecimiento de los patógenos, ya sean aerobios o anaerobios. Las concentraciones elevadas de dióxido de carbono inhiben el crecimiento de la mayoría de los microorganismos. En atmósferas modificadas, la inhibición de la flora alterante, aerobia, Gram negativa, psicrófila. Como pseudomonas coinciden con la supresión de los microorganismos productores de ácido láctico, como lactobacillus. El dióxido de carbono puede inhibir el crecimiento de mohos pero no de las levaduras productoras de CO<sub>2</sub>.

## **2.9 Envases plásticos**

### **2.9.1 Permeabilidad de los envases plásticos.**

Giménez y Melgarejo (2010). Informan que existen muchos tipos de materiales plásticos, cada uno de ellos con propiedades diferentes. En muchas ocasiones, es difícil que un único material presente todas las características de protección, técnicas y comerciales necesarias para el envasado en atmósfera modificada de un alimento concreto. Por este motivo, suelen fabricarse envases con estructuras multicapa. La realización de estructuras multicapa ha permitido aumentar las aplicaciones de los materiales plásticos para el envasado de alimentos. Estas estructuras permiten combinar materiales plásticos con distintas propiedades con el objetivo de obtener un conjunto válido para el envasado final. Una estructura base de un multicapa consiste en un material situado en la parte externa que tenga propiedades estructurales, un material en la capa central con propiedades barrera a gases y un tercer material en la capa interna que facilite y permite el sellado consigo mismo o con otro material adicional.

Olivas y Barbosa (2005). Informan que existen polímeros que modifican su permeabilidad en función a los cambios de la temperatura al producirse una transformación reversible de estado cristalino a amorfo en su matriz polimérica a partir de la temperatura dada. Interline (Corporación CA Landec) es un material que reúne estas características.

Bahamondez (2000). Expresa, el material de envasado elegido debe ser capaz de mantener constante la mezcla de gases, impidiendo la entrada de oxígeno y la fuga de dióxido de carbono. Además es importante que posea las características de antivaho y de permeabilidad. Con la cualidad del antivaho evitamos que las gotas de agua procedentes del vapor de agua se condensen en la superficie interna del envase. La soldadura de los envases además de ser resistentes e impermeables, deben facilitar la apertura de la bolsa.

A continuación se van a describir de forma resumida los distintos tipos de películas plásticas que se emplean actualmente en el envasado de frutas y hortalizas frescas.

#### PELÍCULAS LAMINADAS.

Estas películas están conformadas por láminas de diferentes materiales unidas mediante un adhesivo, en forma de sándwich. Las películas laminadas ofrecen una mejor calidad de grabado ya que la superficie impresa es incorporada entre las numerosas láminas que las constituyen y esto evita el desgaste durante la manipulación. La desventaja de este tipo de películas es que el proceso de elaboración es caro, lo que hace que este tipo de materiales no sea muy empleado. Las películas laminadas tienen una excelente calidad de grabado al ser impresas generalmente por el reverso sobre el polipropileno y embebidas en la película. Suelen emplearse con productos de baja o media actividad respiratoria, ya que las capas interfieren en la movilidad del oxígeno hacia el interior del envase. (Parry, 1995).



Figura 13: polímero laminado

Fuente: Parry (1995).

#### **POLIMEROS CONSTRUIDOS.**

Se caracterizan por ser láminas producidas simultáneamente que se unen sin necesidad de adhesivo. Son más económicas que las películas laminadas, sin embargo éstas últimas sellan mejor, pues el polietileno se funde y se reconstruye de forma más segura. Las películas construidas son grabadas en la superficie y tienden a desgastarse con la maquinaria durante el llenado y el sellado. La velocidad de transmisión de oxígeno hacia el interior del envase es mayor que en las películas laminadas (Parry, 1995).

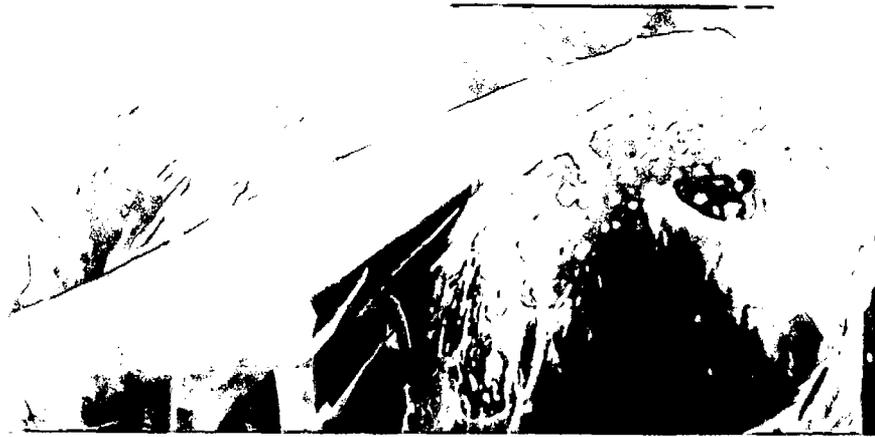


Figura 14: polímero construido

Fuente: Parry (1995).

#### POLIMEROS MICRO PERFORADOS.

Se emplean en aquellos productos que precisan de una velocidad de transmisión de oxígeno elevada. Se trata de películas que contienen pequeños agujeros de aproximadamente 40-200 micras de diámetro que atraviesan la película. La atmósfera dentro del envase es determinada por el área total de perforaciones en la superficie del envase. Las películas micro perforadas mantienen unos niveles de humedad relativa altos y son muy efectivas para prolongar la vida media de productos especialmente sensibles a las pérdidas por deshidratación y de deterioro por microorganismos. La membrana micro porosa se emplea en combinación con otras películas flexibles. Se coloca sobre una película impermeable al oxígeno la cual tiene una gran perforación. De esta forma se consigue que todos los intercambios gaseosos se produzcan a través de la membrana micro porosas, que tiene unos poros de 0,2-3 micras de diámetro. La velocidad de transmisión de oxígeno se puede variar cambiando su espesor o modificando el número y tamaño del micro poro que conforman la membrana. (Parry, 1995).



Figura 15: polímero micro perforado

Fuente: Parry (1995).

#### POLIMEROS INTELIGENTES.

Englobadas dentro de los llamados envases activos, son aquellas que están formadas por membranas que crean una atmósfera modificada dentro del mismo y que aseguran que el producto no consuma todo el oxígeno del interior y se convierta en una atmósfera anaeróbica. Estas membranas o películas inteligentes impiden la formación de sabores y olores desagradables, así como la reducción del riesgo de intoxicaciones alimentarias debido a la producción de toxinas por microorganismos anaeróbicos. Estas láminas son capaces de soportar variaciones de la temperatura de almacenamiento entre 3 a 10 °C e incrementan la permeabilidad a los gases (velocidad de transmisión de oxígeno) mil veces cuando la temperatura aumenta por encima de la temperatura límite establecida, evitando la aparición de procesos de anaerobiosis (Colomé, 1999).

El polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés) es otro material principal utilizado en las bolsas de plástico Ziploc. Al igual que el LLDPE, el LDPE se utiliza generalmente para películas. Es común tanto para los envases, tales como LLDPE, para productos alimenticios o no alimenticios retráctiles y termo-encogibles. Además, el LDPE se utiliza para revestimientos por extrusión. También sirve como revestimiento para alambres y cables, y para el moldeo por inyección.

Toda la línea de bolsas Ziploc de SC Johnson utiliza polietileno lineal de baja densidad (LLDPE, por sus siglas en inglés) como materia prima tanto para la bolsa y para su cierre. El LLDPE es un tipo de polímero plástico. El polímero tiene una alta resistencia a la tensión, lo que significa que puede soportar altos grados de fuerza. También resiste muy bien las roturas y pinchaduras, por lo que es muy útil como película protectora. Alrededor del 80 por ciento de todo el LLDPE producido forma parte del envasado de los alimentos y no alimentos, películas extensibles y películas retráctiles. (<http://spanish.alibaba.com>).



Figura 16: Envase zip lock

## EL FLOW-PACK

El flow-pack es un sistema de envasado que se aplica a numerosos productos. El envase está formado por una lámina de film, normalmente polipropileno, que la máquina conforma y sella para formar el envase. Se caracteriza por una sutura longitudinal en el centro y sendas suturas en los extremos delantero y trasero. En los productos hortícolas, este tipo de envase puede emplearse con o sin bandeja, como es el caso de las fresas y de los pimientos tricolores respectivamente. Utilizando una cámara de atmósfera controlada (moderno) con características constructivas especiales de equipamiento y accesorios. La cámara es construida generalmente con paneles aislantes tipo sándwich de alta densidad y resistencia mecánica. Debe resistir la diferencia de presión de 25 milímetros columna de agua (mm.c.w.) entre el interior y el exterior. (Papaseit, 1999).



Figura 17: envase polipropileno flow pack

Fuente: Papaseit (1999).

## 2.9.2 Envasado en material plástico permeable

Romero, et. al. (1996). Afirma que la posibilidad de formas de envasado de frutas y hortalizas ha conducido a la modificación de las características de los plásticos en base a diferentes factores: espesor, micro-porosidad, materia base. Conocida la actividad metabólica del producto a envasar y fijada la temperatura de conservación es esencial seleccionar el tipo de empaque plástico de permeabilidad adecuada que asegure la atmósfera modificada óptima en el interior del envase. La permeabilidad de los materiales plásticos a gases como oxígeno, dióxido de carbono, etileno y vapor de agua constituye una característica fundamental para su utilización en la fabricación de envases. El paso de gases a través de un material plástico constituye un fenómeno de difusión a través de los poros de acuerdo con la ley de Fick y está determinado por las características de las moléculas de gas, la selección disponible de los poros y la diferencia de concentraciones de los gases a ambos lados de la membrana. Lógicamente la difusión producida por el metabolismo del fruto circulara a través de los tipos del material plástico de forma diferente.

Brody (1996). Describe el estudio de los materiales de envasado según las necesidades para cada tipo de producto. Tipos de envase requerido: semirrígidos o flexibles debería tener propiedades de barrera a los gases en función de la mezcla empleada. La permeabilidad al oxígeno ha quedado reducida, en la actualidad a menos de 1 ml por m<sup>2</sup> en 24 horas a 23 °C y 0 % de humedad. De todas formas, estos valores aún no son suficientes para el empleo de técnicas que se fundamentan en envasar en mezclas de gases. Si se conoce la permeabilidad para cada componente de la mezcla de gases,

la permeabilidad total de la película plástica puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{P} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{P_i} \right)$$

Donde

$P$  es la permeabilidad global,  $P_i$  es la permeabilidad de cada componente de la atmósfera,  $n$  es número de componentes de la atmósfera. Como se mencionó anteriormente la permeabilidad de la película plástica es un factor crítico en el diseño de un EAM. Por esta razón es importante tener un conocimiento profundo al respecto. Un gas o vapor se transmite a través de sólidos porosos obedeciendo a los procesos de solubilidad y mediante mecanismos de difusión.

Paine y Paine (1983). Expresan, cuando un gas está en contacto con una película, es absorbido y se solubiliza en ella. La solubilidad ( $S$ ) describe la disolución de un gas en un polímero. La cantidad de gas absorbido se conoce como coeficiente de absorción y es un valor dependiente de la temperatura y de la presión parcial del gas

La difusión ( $D$ ) representa una propiedad del sistema polímero-permeante y describe el movimiento de las partículas permeantes a través del polímero. La velocidad a la cual un gas atraviesa una película permeable depende de las propiedades específicas de la película, del gas y del grado de interacción entre la película y el gas (Miller y Krochta, 1997).

Las cadenas poliméricas de las películas están arregladas de tal manera que generan poros, de diferentes tamaños. La red polimérica será más o menos rígida dependiendo de la vibración de los átomos de las moléculas que la forman. Por lo tanto, membranas rígidas permitirán la permeabilidad de moléculas pequeñas, y las películas flexibles permitirán el paso de moléculas más grandes debido al movimiento de las moléculas en la red (Paine y Paine 1983).

En una barrera polimérica las cadenas se arreglan en redes cuasi-cristalinas. Por encima del punto de transición vítrea, que establece la zona en la cual el arreglo cristalino se pierde para dar origen a una estructura amorfa, los poros estarán en continua formación-desaparición debido al movimiento térmico, la difusión de las moléculas ocurrirá por la existencia de gradientes de concentración. La energía de activación será entonces la energía necesaria para formar un poro que contrarresta las fuerzas que mantienen las cadenas junta

Una vez alcanzado el estado estacionario, en el cual la cantidad de gas permeante no cambia con el tiempo, la permeación o intercambio de moléculas internas por externas a través de la película se efectuará a una velocidad constante generándose una diferencia de presión entre los dos lados de la película, tal y como lo representa la figura 18. Bajo estas condiciones el fenómeno está descrito por la ley de Fick:

$$Q = -AtD (dc/dx)$$

En donde Q es la cantidad de gas que se difunde a través del área A de la película en el tiempo t, D es la constante de difusión, dc/dx es el gradiente de concentración que atraviesa la película con un espesor x (Emond et al., 1991).

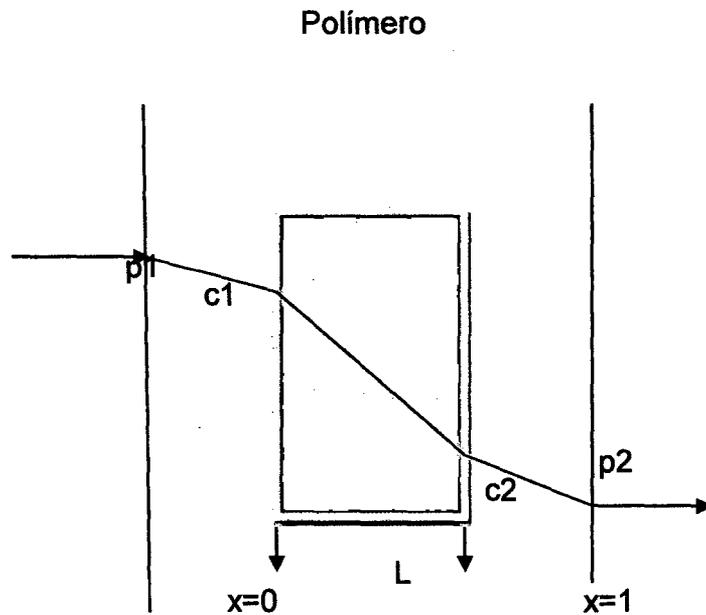


Figura 18. Transferencia de un gas a través de una película permeable en un régimen estacionario .

Fuente: Lozada (2001).

### 2.9.3 Factores que afectan la permeabilidad de los envases plásticos.

Existe una gran cantidad de factores que afectan el fenómeno de permeabilidad. Se debe tener en cuenta que un material polimérico está formado por una red de cadenas macromoleculares y poros entre ellas. Estos poros pueden expandirse por acción térmica permitiendo el paso de la sustancia permeante a través del material, generando un gradiente difusional o una diferencia de presión. La difusión depende de la cantidad y del tamaño de los poros. Requiriéndose una energía de activación para que las moléculas atraviesen la membrana polimérica. (Miller y Krochta, 1997).

### 2.9 3.1 Naturaleza del polímero.

El polímero es un factor importante en la difusión de un gas. Se debe considerar su estructura química, cristalinidad, tamaño de las cadenas, densidad, ramificaciones de las cadenas, peso molecular, grado de polimerización, enlaces dobles, aditivos, plastificantes, pigmentos y grado de reticulación. (Pascot, 1986).

#### a) Estructura química

Los diferentes grupos funcionales en la estructura química de un polímero influyen en la solubilidad del gas permeante. Para cada grupo funcional en un polímero existe una diferente permeabilidad (Miller y Krochta, 1997).

#### b) Cristalinidad

La permeabilidad varía de manera inversa al grado de cristalinidad del polímero. Al aumentar la cristalinidad disminuye la difusión debido a que existe un camino más complejo que el gas debe atravesar, y porque se reduce el movimiento de las moléculas. La solubilidad se reduce porque hay menos porciones amorfas del polímero que participan en la disolución del gas permeante (Kumins, 1965).

#### c) Densidad

El tamaño de las cadenas poliméricas determina la densidad y la cristalinidad del mismo. Disminuyendo la densidad se incrementa la permeabilidad (Pascot, 1986).

#### d) Orientación molecular

Un mayor grado de orientación molecular, por ejemplo, en polímeros cristalinos, disminuye de manera considerable la permeabilidad. En los materiales amorfos no se observa disminución significativa a la permeabilidad (Pascot, 1986).

La tabla III Efecto de la orientación sobre la permeabilidad de tres películas poliméricas. (23 ° C)

Polímero	grado de orientación $p_{O_2}$ (ml mm/m <sup>2</sup> .dia.atm)	
Polipropileno	0	57
	300	30
Poliestireno	0	160
	300	114
Poliéster	0	3.8
	500	1.9

Fuente: Pascat (1986).

#### e) Dobles enlaces

La presencia de dobles enlaces incrementa de manera importante la permeabilidad de los polímeros (Pascat, 1986).

#### f) Simetría y polaridad

De dos polímeros con energías de activación difusional (ED) comparables, aquel que tenga una estructura menos simétrica, tendrá una constante difusional ( $D^\circ$ ) más elevada para un gas a una temperatura determinada (Paine y Paine, 1983).

La energía de activación del proceso difusional es una función de la cohesión del polímero (energía necesaria para separar los átomos y formar un poro). Para dos polímeros con la misma simetría se observa que mientras mayor sea la polaridad, mayor será la energía de cohesión (ED) y por lo tanto la difusión (D) será menor, al igual que la permeabilidad. Las fuerzas intermoleculares afectan el grado de libertad de los grupos en las cadenas poliméricas, siendo las estructuras con puentes de hidrógeno más fuertes que aquellas que poseen fuerzas de Van Der Waals (Pascat, 1986).

#### g) Aditivos y plastificantes

En muchas ocasiones a los materiales plásticos les son añadidos otros monómeros y/o polímeros, generalmente para incrementar la permeabilidad. La copolimerización puede disminuir las propiedades de barrera contra los gases permeantes si el co-polímero posee mayor permeabilidad o genera un incremento en la elasticidad. Por otro lado, otros aditivos tienen otras funciones como la de retener agua en materiales hidrofílicos, este efecto genera plastificación del polímero, provocando un aumento en los poros por lo que el gas se difunde más rápido (Pascat, 1986).

El uso de plastificantes para la elaboración de polímeros afecta la difusión de un gas disminuyendo el valor de ED e incrementando el de  $D^{\circ}$  (Paine y Paine, 1983).

#### h) Reticulación

La reticulación es la formación de puntos inter y/o intramoleculares entre las cadenas de un polímero. Un aumento en la cantidad de estos puntos conduce a una disminución en el valor de la difusión. La permeabilidad no es afectada de manera importante por la reticulación. Sin embargo, existe una ligera correspondencia en la disminución de la permeabilidad respecto al aumento en el grado de reticulación, afectando la difusión del gas y no su solubilidad en el polímero.(Kumins, 1965)

### 2.9.3.2 Naturaleza del gas permeante.

Existen algunos parámetros importantes que afectan la permeabilidad de un gas través de una red polimérica concernientes a su naturaleza. El tamaño, la forma y su polaridad, junto con su facilidad de condensación afectan de manera importante su permeabilidad (Kumins, 1965).

#### a) Tamaño de la molécula

Generalmente la difusión y permeación disminuyen si el diámetro de la molécula que se difunde a través del empaque aumenta.(Paine y Paine,1983).

#### b) Forma de la molécula

Las moléculas lineales presentan mayor difusión y permeación. Una ligera variación en la forma de las moléculas causa diferencias importantes en su permeación (Pascat, 1986).

#### c) Polaridad

Las moléculas no polares se difunden a través de los materiales poliméricos no polares. Este fenómeno está directamente relacionado con la solubilidad de las moléculas en materiales que poseen polaridades similares (Pascat, 1986).

#### d) Condensación y solubilidad

La solubilidad generalmente depende de su compatibilidad con el polímero. La diferencia de permeabilidad que existe entre moléculas como N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y vapor de agua se debe a su facilidad de condensación a una temperatura dada. Los vapores más solubles son aquellos que se condensan más fácilmente. Las permeabilidades de los gases, por lo tanto, dependerán de su temperatura y presión de condensación.

Otra constante física directamente relacionada con la solubilidad de los gases es su punto de ebullición. Mientras mayor sea el punto de ebullición, mayor será la permeabilidad del gas en cuestión (Pascat, 1986).

#### 2.9.3.3 Temperatura.

La dependencia de la permeabilidad con la temperatura se ha estudiado desde hace más de 50 años. En 1941 Barrer determinó que esta dependencia, tanto para materiales elásticos como no elásticos, sigue el modelo de Arrhenius:

$$P = P^{\circ} e^{-E_p/RT}$$

En donde  $P^{\circ}$  es un factor independiente de la temperatura,  $E_p$  es la energía de activación a la permeabilidad del gas,  $R$  es la constante de los gases y  $T$  es la temperatura absoluta (Talasila y Cameron, 1997)

#### 2.9.3.4 Presión.

Para los gases ideales, existe una proporcionalidad entre el coeficiente de transferencia ( $Q/At$ ) y la diferencia de presión ( $\Delta p$ ) entre las dos caras del polímero. Sin embargo, una vez alcanzado el equilibrio, la permeabilidad es independiente de la diferencia de presión (Pascat, 1986).

#### 2.9.3.5 Espesor.

La velocidad de transferencia es inversamente proporcional al espesor ( $l$ ) de la película y es directamente proporcional al área de exposición ( $A$ ) (Pascat, 1986).

#### 2.9.4 Valores de permeabilidad al oxígeno y anhídrido carbónico en envases plásticos.

Las películas más empleadas para atmósfera modificada de productos hortofrutícolas están hechas a partir de polímeros orgánicos de alto peso molecular (mayor a 106) que pueden tener otros aditivos como plastificantes (glicerol y ftalato de dimetoxietilo) y estabilizantes (cloro). Estas películas tienen un grosor menor a 0.254 mm y deben tener una flexibilidad adecuada y proteger al producto de agentes externos. Los polímeros más empleados en la elaboración de empaque para alimentos son los termoplásticos como el poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), etileno-vinil acetato(EVA), nylon, polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de densidad media(MDPE) y polietileno de alta densidad (HDPE). Mucho termoplásticos son derivados químicos del etileno (Lefaux y Truhaut, 1972)

Tabla IV: permeabilidad al oxígeno, dióxido de carbono y agua de películas poliméricas a diferentes temperaturas

Poliolefinas	Gas	T °C	P(10 <sup>13</sup> .m <sup>3</sup> .cm/cm <sup>2</sup> .s.Pa
Polietileno (LHPE)	O <sub>2</sub>	25	0.825
	CO <sub>2</sub>	25	3.225
	H <sub>2</sub> O	25	13.5
Poliprolileno (PP 50%)	O <sub>2</sub>	30	1.7
	CO <sub>2</sub>	30	6.9
	H <sub>2</sub> O	30	51
Polietileno (LDPE)	O <sub>2</sub>	25	5.8
	CO <sub>2</sub>	25	21
	H <sub>2</sub> O	25	93
Poliestireno (PS)	O <sub>2</sub>	25	1.9
	H <sub>2</sub> O	25	1350
Poliestireno (biaxial)	O <sub>2</sub>	25	2
	CO <sub>2</sub>	25	7.9
	H <sub>2</sub> O	25	840
Polivinil cloruro (PVC)	O <sub>2</sub>	25	0.034
	CO <sub>2</sub>	25	0.12
	H <sub>2</sub> O	25	206
PET amorfo	O <sub>2</sub>	25	0.0444
	CO <sub>2</sub>	25	0.227
PET cristalino	O <sub>2</sub>	25	0.0257
	CO <sub>2</sub>	25	0.118
Nylon 6	O <sub>2</sub> (20 %HR)	30	0.218

Fuente: Piringer, (2000)

Tabla V: Permeabilidad selectiva de los principales materiales plásticos utilizados para la fabricación de envases alimentarios.

Permeabilidad a los gases ( $\text{cm}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{dia-atm}$ ) película 25 $\mu\text{m}$ a 25 °C			
Película	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Polietileno (LDPE)	7800	42000	2800
Polietileno (LHPE)	2600	7600	650
Poliprolileno (PP)	3700	10000	680
Poliprolileno orientado	2000	8000	400
Etileno acetato vinilo	12500	50000	4900
Policloruro de vinilo	500-30000	1500-46000	300-10000
Poliamida nilón 6	40	150-190	15-18
Poliamida nilón II	500	2000	52
Politereftalato etilen glicol	50-130	180-390	15-18
Poliestireno orientado PS	5000	18000	800
Etilen-alcohol vinilo	3-5	-	-
Ionómetros	6000	6000	-

Fuente: Giménez (2010)

## 2.10 Métodos para determinar la velocidad de respiración de frutas y hortalizas.

En el caso de atmósfera modificada se requiere tener un conocimiento preciso de las velocidades de consumo de O<sub>2</sub> (rO<sub>2</sub>) y evolución de CO<sub>2</sub> (rCO<sub>2</sub>) para poder calcular las concentraciones óptimas de dichos gases dentro del empaque, existen tres métodos para medir experimentalmente la velocidad de respiración que son descritos ampliamente por (Fonseca et al.,2002).

### 2.10.1 El sistema estático o cerrado.

En este caso un contenedor de sello hermético de volumen conocido es llenado con el producto y cerrado, quedando con una composición gaseosa interna igual a la atmosférica. Se miden los cambios en concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> durante un cierto tiempo y estos se usan para estimar la velocidad de respiración usando las siguientes ecuaciones:

$$rO_2 = \frac{(O_2)_{in} - (O_2)_f}{(100 * M * (t_f - t_{in}))} * V$$

$$rCO_2 = \frac{((CO_2)_{in} - (CO_2)_f) * V}{(100 * M * (t_f - t_{in}))}$$

Donde (O<sub>2</sub>)<sub>in</sub> y (CO<sub>2</sub>)<sub>in</sub> son las concentraciones iniciales de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>

(O<sub>2</sub>)<sub>f</sub> y (CO<sub>2</sub>)<sub>f</sub> son las concentraciones finales de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> ; V es volumen libre

En el contenedor; M es la masa del producto; (t<sub>f</sub> - t<sub>in</sub>) es la diferencia entre el tiempo final y el inicial; se divide entre 100 porque las concentraciones están en porcentaje.

Entre sus limitantes se encuentra que es difícil estimar con exactitud el volumen libre del contenedor, que el aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> y disminución de O<sub>2</sub> puede afectar la velocidad de respiración del producto, y que no se puede determinar la respiración para una mezcla de gases (Fonseca et al., 2002).

#### 2.10.2 El sistema de flujo.

En este sistema el producto se coloca en un contenedor impermeable a través del cual fluye una mezcla de gases a velocidad constante y la velocidad de respiración se calcula de la diferencia absoluta en la concentración de gas a la entrada y a la salida cuando el sistema alcanza el estado de estacionario, se usa las ecuaciones siguientes:

$$r_{O_2} = \frac{((O_2)_i - (O_2)_o) * F}{(100 * M)}$$

$$r_{CO_2} = \frac{((CO_2)_o - (CO_2)_i) * F}{(100 * M)}$$

Donde (O<sub>2</sub>)<sub>i</sub> y (CO<sub>2</sub>)<sub>i</sub> son las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a la entrada;

(O<sub>2</sub>)<sub>o</sub> y (CO<sub>2</sub>)<sub>o</sub> son las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a la salida ;  
F en m<sup>3</sup>/s, es

el flujo y M es la masa de producto usada. En este método es difícil determinar el flujo y éste debe ser cuidadosamente elegido para poder medir con exactitud la diferencia en concentraciones del gas, además este método no es exacto en el caso de bajas velocidades de respiración (Fonseca et al., 2002).

### 2.10.3 El sistema permeable.

Un empaque de dimensiones y permeabilidad de película conocidas es llenado con producto y se calculan las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> al estado estacionario y se realiza un balance de masa para estimar la velocidad de respiración con las ecuaciones:

$$r_{O_2} = P_{O_2} * A * ((O_2)_e - (O_2)_i) / (100 * L * M)$$

$$r_{CO_2} = P_{CO_2} * A * ((CO_2)_e - (CO_2)_i) / (100 * L * M)$$

Donde P<sub>O<sub>2</sub></sub> y P<sub>CO<sub>2</sub></sub> son los coeficientes de permeabilidad para O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> respectivamente; A es el área de permeación superficial; L es el grosor de la película; M es la masa del producto. Este es el método menos exacto ya que existen más variables que en los otros dos como las dimensiones y permeabilidad del empaque, es más difícil medir el volumen libre y se requiere más tiempo para alcanzar el equilibrio (Fonseca et al., 2002).

## 2.11 Efecto de la temperatura para frutas en almacenamiento.

### 2.11.1 Daño por enfriamiento.

Las frutas tropicales y subtropicales son susceptibles de sufrir alteraciones fisiológicas en un rango de temperatura de aproximadamente 5 a 14°C. Los síntomas más comunes son fallas en la maduración, desarrollo de sabores y aromas atípicos, decoloración, ennegrecimiento y deterioro de los tejidos, e incremento de la susceptibilidad del producto al ataque de patógenos secundarios. Si bien algunas frutas de clima templado

como las manzanas, son menos sensibles a las temperaturas mencionadas anteriormente, el daño por frío se puede presentar a temperaturas cercanas al punto de congelamiento del producto. En el Cuadro 14 se muestran las temperaturas y humedades relativas recomendadas para el almacenamiento refrigerado de frutas. (Arias y Toledo, 2000).

Para efectos de la distribución y venta, temperaturas bajas (0 – 25°C) son efectivas para disminuir las reacciones bioquímicas excepto en los productos sensibles a las bajas temperaturas como aguacate, plátano, chirimoya, uva, mango, papaya, piña, pepino y tomate entre otros (Fonseca et al., 2002).

**Cuadro 14: Temperaturas y humedades relativas recomendadas para el almacenamiento de frutas.**

Producto	Temperatura °C	Humedad relativa %	Vida útil
Guayaba	8 - 10	90	2 a 3 meses
Lima	8.5 - 10	85 - 90	1 a 4 meses
Limón verde	10 - 14	85 - 90	2 a 3 semanas
Limón coloreado	0 - 4.5	85 - 90	2 a 6 meses
Mango	7 - 12	90	3 a 6 semanas
Mandarina	4	90 - 95	2 a 4 semanas
Maracuyá	7 - 10	85 - 90	3 a 5 semanas
Melón	7 - 10	85 - 90	3 a 7 semanas
Naranja	3 - 9	85 - 90	3 a 12 semanas
Palta	7 - 12	85 - 90	1 a 2 semanas
Papaya	7 - 13	85 - 90	1 a 3 semanas
Piña verde	10 - 13	85 - 90	2 a 4 semanas
Piña madura	7 - 8	85 - 90	2 a 4 semanas
Plátano maduro	13 - 16	85 - 90	20 días
Plátano verde	12 - 13	85 - 90	1 a 4 semanas
Sandía	5 - 10	85 - 90	2 a 3 semanas
Toronja	10 - 15	85 - 90	6 a 8 semanas
Uva	-1.0 - 0	90 - 95	1 a 4 meses

Fuente: Arias y Toledo (2000).

### 2.11.2 Daño por alta temperatura.

La temperatura es el factor ambiental que más influye en el deterioro del producto cosechado. En general, el ritmo de deterioro del producto es 2 a 3 veces mayor por cada incremento de 10 °C por encima de la temperatura óptima de conservación de los productos (Cuadro 15). La temperatura también modifica el efecto del etileno y de los niveles residuales de O<sub>2</sub> y altos de CO<sub>2</sub> en el producto cosechado, además, afecta directamente el ritmo respiratorio de las frutas y la germinación de esporas de los hongos y el posterior desarrollo de patógenos. Por encima de 40°C, se observan severos daños en el producto y a 60°C aproximadamente, cesa toda actividad enzimática. Adicionalmente, la fruta sufre excesiva pérdida de agua por transpiración; todo lo cual arruina el producto. (Kader, 1992).

Cuadro 15: Efecto de la temperatura en la velocidad de deterioro.

Temperatura °C	Q10	Velocidad de deterioro	almacenamiento
0		1.0	100
10	3.0	3.0	33
20	2.5	7.5	13
30	2.0	15.0	7
40	1.5	22.5	4

Fuente: Kader, 1992.

El factor Q10 o coeficiente de temperatura indica el aumento en la velocidad de respiración por cada aumento de 10 °C en la temperatura y así mismo por cada reducción de 10 °C la velocidad de respiración disminuye de manera similar, la ecuación siguiente:

$$Q10 = (r2/r1)^{10 / (T2 - T1)}$$

Donde r1 y r2 son la velocidad de respiración a la temperatura T1 y T2 respectivamente, los valores de Q10 varían de 1 a 4 según el rango de temperaturas (Wiley, 1994).

## **II. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se realizó en los ambientes del laboratorio de investigación, laboratorio de Operaciones Unitarias y automatización, laboratorio de Composición y análisis de Productos Agroindustriales y laboratorio de Microbiología y toxicología de la Escuela de Agroindustria de la Universidad Nacional del Santa.

Ubicación política

Departamento : Ancash  
Provincia : Santa  
Distrito : Nuevo Chimbote

### **3.2 Materia prima, materiales de laboratorio, equipos y reactivos**

#### **3.2.1 Materia prima**

Frutos de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Kent, recolectado de plantaciones del valle de Casma.

#### **3.2.2 Materiales de laboratorio**

- Envases, material polietileno de baja densidad permeable tipo zip lock, con espesores de 40 micras y 60 micras (anexo 11).
- Matraces de 250 ml
- Tubos de ensayo de 10 ml
- Bureta graduada de 10 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml y 200 ml

- Soporte universal
- Probetas de 10 ml y 100 ml
- Pipetas de 1ml, 5ml y 10 ml
- Placas petri
- Pinza de acero inoxidable
- Mechero
- Algodón
- Tijera
- Hilo pabilo
- Termómetro (0-100°C)
- Higrómetro
- Cuchillo de acero inoxidable
- Recipiente de aluminio de 50 lt
- Bandeja
- Jarra de plástico de 1 lt
- Jaba de plástico agrícola
- Cinta adhesiva
- Libreta de notas
- Tarjetas de muestras
- Cámara fotográfica
- Lapicero

### 3.2.3 Equipos

- Balanza electrónica marca PRECISA, modelo XB-4200 C. capacidad 4200 g+-5 g. Suiza.
- Balanza analítica marca Denver Instrument Company modelo AA- 200 USA.
- Cámara frigorífica, de capacidad neta 563 litros. Marca General Electric, modelo 65MF3REX. México.
- Esterilizador marca Memmbert, modelo 854 Schabach West. Germany.
- Refractómetro marca Atago, modelo portable. Japón.
- Potenciómetro marca Hanna instruments. Singapur.
- Autoclave marca P Selecta, modelo S-447, capacidad 7 litros.
- Cocina eléctrica marca Selecta, modelo 18-7856, España.
- Fotocolorímetro Chromater Modelo CR 400 Marca Konica Minolta. Italia.
- Espectrofotómetro 2800 uv/vis marca UNICO<sup>R</sup> longitud de onda 190 – 1100 nm. USA.
- Cámara incubadora, marca Memmert 20-70 °C. Germany.

### 3.2.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio 01 N
- Fenoltaleína
- Acido oxálico 0.4 %
- Solución fisiológica
- Agar platecount (para análisis microbiológico)

- Agar Sabouraud, 4 % glucosa (para análisis microbiológico)
- Caldo lactosado verde brillante (para análisis microbiológico)
- Diclorofenol-indofenol (químicamente puro)
- Hipoclorito de sodio (200 ppm).

### **3.3 Metodología**

#### **3.3.1 Recolección de los frutos**

Los frutos fueron recolectados el 07 de febrero del 2014 de las plantaciones de mango de terreno agrícola del valle de Casma variedad Kent, en estado sano, con grado de madurez comercial 3, y llevado luego hacia la ciudad de Nuevo Chimbote para su tratamiento en estudio en las instalaciones del laboratorio de investigación de la Escuela de Agroindustria de la Universidad Nacional del Santa.

#### **3.3.2 Selección y clasificación de frutos**

Se seleccionaron los frutos sanos, sin daño mecánico y clasificado de acuerdo a su grado de madurez y tamaño.

#### **3.3.3 Lavado**

Se procedió a lavar los frutos con agua clorada (200 ppm) para eliminar las impurezas y el látex de su superficie.

#### **3.3.4 Tratamiento hidrotérmico**

Los frutos en estudio fueron colocados en un recipiente de aluminio con agua, a temperatura 46.5 ° C por 75 min. para el tratamiento hidrotérmico. (Hallman, 1998).

### 3.3.5 Enfriado pesado y envasado en atmósfera modificada pasiva

Las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente por 2 horas para luego ser pesados y codificados. Finalmente colocados en material polietileno de baja densidad (LDPE) permeable tipo zip lock.

Fruto envasado en polietileno de baja densidad (LDPEM1) 40  $\mu\text{m}$

Fruto envasado en polietileno de baja densidad (LDPEM2) 60  $\mu\text{m}$

Fruto sin envase (testigo) código E0

### 3.3.6 Almacenado

Los frutos fueron almacenados en una cámara frigorífica a temperatura de 8°C (HR 85-90 %) y 10 °C (HR 85-90 %) respectivamente y muestreadas desde el día 1, 14, 21 y 28 días.

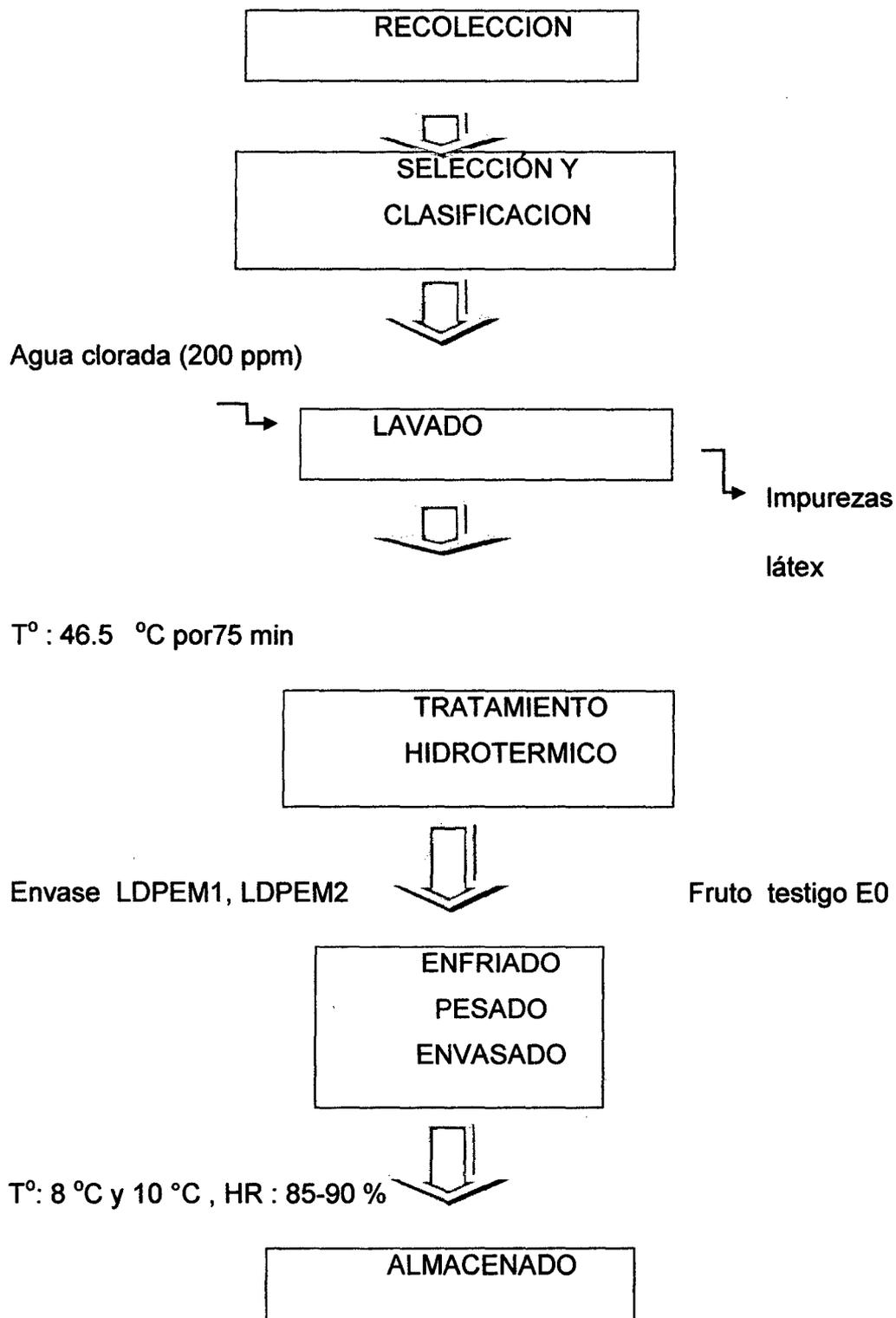


Figura 19: Diagrama de flujo tentativo, conservación del fruto de mango en atmósfera modificada.

### 3.4 Planeamiento experimental

La presente investigación pretende probar las bondades del material permeable de envasado, polietileno de baja densidad (LDPE) tipo zip lock y su efecto en la conservación de mango fresco (variedad Kent) almacenado a temperatura de refrigeración (8 °C y 10 °C) para prolongar su vida útil.

#### a) Factores en estudio

FACTOR	NIVEL	CLAVE
Sin envase	(testigo)	E0
A:Envase		
Polietileno de baja densidad (LDPE )	Espesor 40 micras.	LDPEM1
	Espesor 60micras	LDPEM2
B:Temperatura		
	(8 °C)	T1
	(10 °C)	T2

Almacenamiento día 1, 14, 21 y 28 días

## ESQUEMA DE ESTUDIO ORDENADO

Factor	TEMPERATURA T1			TEMPERATURA T2		
	8 °C			10 °C		
	Testigo E0	LDPEM 1	LDPEM 2	Testigo E0	LDPEM 1	LDPEM 2
día 1						
día 14						
día 21						
día 28						
<b>total</b>						

b) **Tratamientos en estudio**

ORDEN	CLAVE	TRATAMIENTO
01	E0 T1	Testigo E0 x temperatura 1(8 °C)
02	E0 T2	Testigo E0 x temperatura 2 (10 °C)
03	LDPEM1 T1	LDPEM1 x temperatura 1 (8 °C)
04	LDPEM1 T2	LDPEM1 x temperatura 2 (10 °C)
05	LDPEM2 T1	LDPEM2 x temperatura 1 (8 °C)
06	LDPEM2 T2	LDPEM2 x temperatura 2 (10 °C)

### 3.5

#### Diseño Experimental y análisis estadístico

En el presente estudio, se hizo la evaluación de los análisis físico-químicos (porcentajes de pérdida de peso, diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ), sólidos solubles totales, pH, acidez, y vitamina C).

La toma de muestras se hizo los días 1, 14, 21 y 28 días. Se realizó el diseño experimental completo al azar, empleando el diseño factorial  $2 \times 3 \times 4$ , con 2 réplicas. Se utilizó el programa Statgraphics Centurión para calcular el análisis de varianza (ANVA) los días 1, 14, 21, y 28. Para resultados no significativos de interacción envase-temperatura se realizó la prueba de F y la prueba de comparativa de promedios o de tukey ( $\alpha=0.05$ ), nivel de confianza 95 %. Se utilizó la tabla de A.8 de Steel Turnie. 11 grados de libertad. Anexo 9.

Cuadro 16: Esquema de diseño statgraphics Centurión para el ANVA de resultados estadísticos. 2 réplicas.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Envase					
B:temperatura					
C:Tiempo					
AA					
AB					
AC					
BC					
CC					
bloques					
Error total					
Total (corr.)					

### Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + C_k + (AA)_{ii} + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (CC)_{kk} + \text{Bloque}_{ijk} + e_{ij}$$

$Y_{ijk}$  = modelo factorial de observación individual

U = efecto poblacional

$A_i$  = efecto del envase

$B_j$  = efecto de la temperatura

$C_k$  = efecto del tiempo

$(AA)_{ii}$  = interacción entre envases

$(AB)_{ij}$  = interacción de primer orden envase x temperatura

$(AC)_{ik}$  = interacción de primer orden envase x tiempo

$(BC)_{jk}$  = interacción de primer orden temperatura x tiempo

$(CC)_{kk}$  = interacción entre el tiempo de almacenamiento

$\text{Bloque}_{ijk}$  = efecto de bloque o réplicas.

$e_{ijk}$  = error experimental

### **3.6 Método de análisis**

#### **3.6.1 Análisis físicos**

##### **a) Pérdida de peso (deshidratación)**

Se realizó la pérdida de peso por deshidratación del fruto almacenado por diferencia del peso inicial y el peso final del mango al término de cada prueba. Se expresó en porcentajes de pérdida de peso. Se utilizó una balanza electrónica marca PRECISA, modelo XB-4200 C. capacidad 4200 g $\pm$ 5 g.

##### **c) Color de la cáscara del fruto**

Se utilizó el equipo fotocolorímetro Chromater Modelo CR 400 Marca konica Minolta. Se evaluó los cambios de coloración de los frutos en estudio siguiendo el método triestímulo, sistema por la CIELAB.(Hunterlab, 1996), luminosidad ( $\Delta L^*$ ), cromaticidad ( $\Delta a^*$  y  $\Delta b^*$ ). Se culminó de variación del color  $\Delta E$  mediante cálculo manual por presentar desconfiguración en el sistema operativo.

#### **3.6.2 Análisis químico**

Se realizó los tratamientos por un periodo de 28 días. Para la toma de muestras a partir del día 1, 14, 21, y 28.

##### **a) Porcentaje de sólidos solubles totales**

Los sólidos solubles totales se midieron del jugo del fruto previamente preparado. Se utilizó el refractómetro marca Atago, modelo portable y se expresaron en grados brix reportados por la A.O.A.C (1975).

b) pH

Se preparó el jugo de la fruta según el método potenciométrico A.O.A.C (1976) dilución 1:1 y se tomó las mediciones del pH.

c) Porcentaje de acidez titulable

El jugo de fruta previamente preparado se tituló con NaOH al 0.1 N. Los resultados se expresaron en porcentaje de equivalencia de ácido málico, según el método volumétrico AOAC (1978).

d) Vitamina C

El jugo de fruta previamente preparado se tituló con Diclorofenol-indol (0.05mg/100ml), expresado en miligramos de ácido ascórbico / 100 g de pulpa.

### 3.6.3 Análisis microbiológico

Al final del tratamiento (28 días) se preparó las muestras de pulpa de fruta diluida y se realizó las evaluaciones microbiológicas:

- a) Recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBMV). Método de la placa vertida.
- b) Numeración de mohos y levaduras . Método de la placa vertida
- c) Determinación de coliformes totales. Método del número más probable

A.O.A.C (1975)

#### 3.6.4 Análisis sensorial

Se evaluaron los atributos, apariencia general, color, sabor, olor, y textura del fruto. El panel estuvo conformado por panelistas semi-entrenados (10 personas), a los 28 días, final del tratamiento. Escala hedónica, puntaje de 1 a 7

Se tomaron 6 trozos de muestras del fruto. El método de evaluación utilizado fue por prueba descriptiva. Se hizo el análisis estadístico diseño de bloque completo al azar y prueba de F ( $\alpha=0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Análisis físico

#### 4.1.1 Pérdida de peso del fruto de mango variedad Kent

Los frutos de mango variedad Kent que se recolectaron fueron seleccionados de acuerdo a su estado de madurez y sanidad.

Los pesos de los frutos estuvieron en el rango de 434.32 g – 828.5 g. Durante el almacenamiento (8 °C y 10 °C) desde el inicio y final del tratamiento (28 días). Se observa que el peso de los frutos ha ido disminuyendo progresivamente tal como se aprecia en el cuadro 17.

En el cuadro 18 se muestra el análisis de varianza (programa Statgraphics Centurión) factorial pérdida de peso promedio (%) para 1, 14, 21 y 28 días de almacenamiento. Su coeficiente de variabilidad fue de 1.51 %. En el cuadro del ANVA se puede apreciar que existe efecto de pérdida de peso del fruto de mango para todos los envases durante el tiempo de almacenaje. De igual manera existe diferencia altamente significativa debido al tiempo de almacenaje del fruto. Asimismo, existe diferencia significativa entre la interacción entre el tiempo en días de almacenaje del fruto (CC). Todas las otras interacciones resultaron no significativas.

En el cuadro 19 se observa la prueba de comparación de promedios de tukey (5%) de los efectos del tratamiento sobre los porcentajes de pérdida de peso del fruto. El fruto testigo de mango almacenado en atmósfera modificada tuvo mayor porcentaje de pérdidas de peso que los otros frutos envasados en LDPEM1 y LDPEM2, llegando a valores de 0.655 % y 0.8225 %, mientras que el fruto de mango envasado en LDPEM2 a 10 °C influyó notablemente en la menor pérdida de peso, superando estadísticamente a los otros frutos.

En el grafico 01 y 02 se observan los porcentajes de pérdida de peso promedio durante los días de evaluación.

Los datos por cada unidad experimental se presentan en el anexo 1

En el cuadro 20 y 21 se puede apreciar, desde el inicio del tratamiento a 8 y 10 °C el fruto testigo E0 experimenta un disminución progresiva del peso, acumulando un 2.62 % y 3.29 % de pérdida respectivamente, al término de la evaluación (28 días), mientras que los frutos en envase LDPEM1 acumularon hasta 1.15 % y 1.08 % y en LDPEM2 hasta 0.733 % y 1.23 % de pérdida a temperatura de 8°C y 10 °C respectivamente.

Los resultados obtenidos en los tratamientos LDPEM1 y LDPEM2, las pérdidas de peso en porcentajes fueron menores a los que encontró Alarcón (1995) con 4.88% de pérdida de peso de mango tratado con encerado y embolsado a temperatura 10 °C. Asimismo según Toledo (1985) el valor de pérdida de agua máximo permisible es 5 %.

La atmósfera modificada hace más lento el metabolismo del fruto, se evidencia lo confirmado por Zagory y Kader (1988) que dice la atmósfera modificada disminuye el proceso de maduración de los frutos por los cambios de concentración de oxígeno y dióxido de carbono. Utilizando material polietileno (LDPE) permeable se hizo el estudio de generación de la atmósfera modificada para minimizar el deterioro del fruto en conservación.

Cuadro 17: Pesos promedios (g) del fruto de mango evaluados para atmósfera modificada

Días	Temperatura 1 8°			Temperatura 2 10 °C		
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día1	602.02	448.48	828.5	664.1	434.32	500.22
día 14	601.45	448.24	828.47	660.77	432.89	499.93
día 21	587.8	445.5	824.6	644.5	430.85	497
día 28	586.2	443.3	822,3	642.3	429.6	494
<b>TOTAL</b>	<b>2377.4</b>	<b>1785.52</b>	<b>3303.87</b>	<b>2611.67</b>	<b>1727.66</b>	<b>991.15</b>
Promed.	594.36	446.38	825.96	652.91	431.91	497.78

Cuadro 18: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics  
 Centurion, factorial pérdida de peso (%) del mango  
 en atmósfera modificada. ( $\alpha= 0.05$ )

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Envase	2,6777	1	2,6777	9,23	0,0035
B:temperatura	0,0290405	1	0,0290405	0,10	0,7527
C:Tiempo	4,07465	1	4,07465	14,05	0,0004
AA	1,08533	1	1,08533	3,74	0,0577
AB	0,000298502	1	0,000298502	0,00	0,9745
AC	0,233294	1	0,233294	0,80	0,3733
BC	0,0016641	1	0,0016641	0,01	0,9399
CC	3,1679	1	3,1679	10,92	0,0016
bloques	0,0132567	2	0,00662836	0,02	0,9774
Error total	17,6894	61	0,28999		
Total (corr.)	28,9725	71	CV= 1.51 %		

Cuadro 19: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de porcentaje de pérdida de peso (%) del fruto del mango a 1,14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 ) (1)

FACTOR ENVASE	Promedio perdida peso (%)	
	T1 8 °C	T2 10 ° C
Testigo E0	0.655a	0.8225a
LDPE M1	0.2875b	0.27b
LDPE M2	0.1835c	0.3075b
VC Tukey= 0.61		

(1) En cada periodo de evaluación, promedios que tienen la misma letra son iguales, caso contrario son significativos

Cuadro 20: Porcentaje de pérdida de peso promedio (%) en el fruto del mango, testigo (E0), LDPEM1 y LDPEM2 a temperatura 8 °C.

TEMPERATURA 1 ( 8 °C )			
% Pérdida peso promedio-Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	0.001	0.0001	0.0001
día 14	0.09	0.05	0.003
día 21	2.26	0.61	0.46
día 28	0.27	0.49	0.27
<b>Total promedio</b>	<b>2.62</b>	<b>1.15</b>	<b>0.733</b>
	<b>0.655</b>	<b>0.2875</b>	<b>0.1835</b>

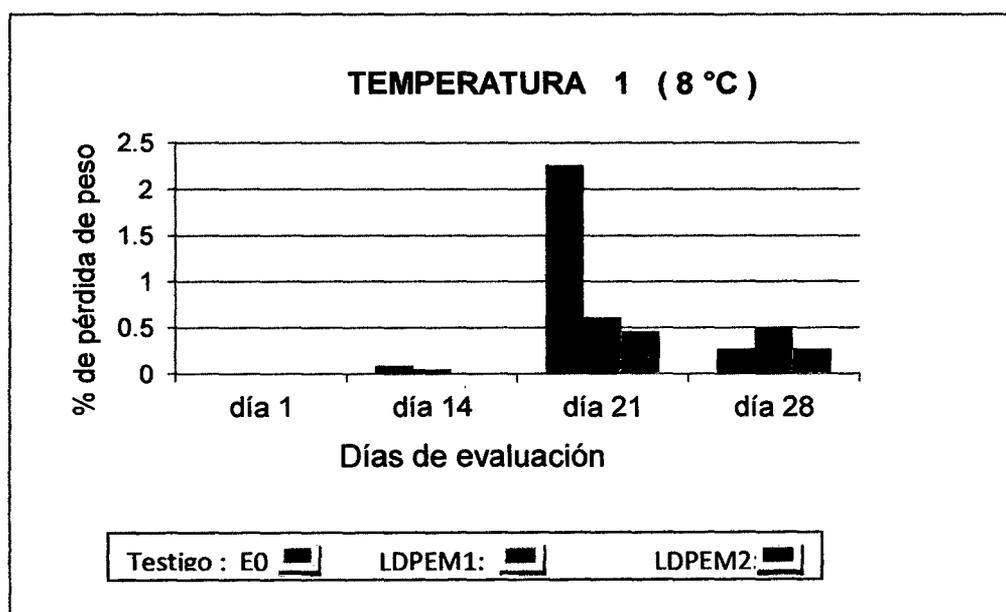


Gráfico 01: Cambios de pérdida de peso (%) del fruto de mango a temperatura 8 °C, envasado en atmósfera modificada.

Cuadro 21: Porcentaje de pérdida de peso promedio (%) en el fruto del mango, testigo (E0), LDPEM1 y LDPEM2 a temperatura 10 °C.

TEMPERATURA 2 ( 10 °C )			
%Pérdida peso promedio-Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	0.0002	0.0001	0.001
día 14	0.5	0.09	0.05
día 21	2.46	0.7	0.58
día 28	0.33	0.29	0.6
<b>Total promedio</b>	<b>3.29</b>	<b>1.08</b>	<b>1.23</b>
	<b>0.8225</b>	<b>0.27</b>	<b>0.3075</b>

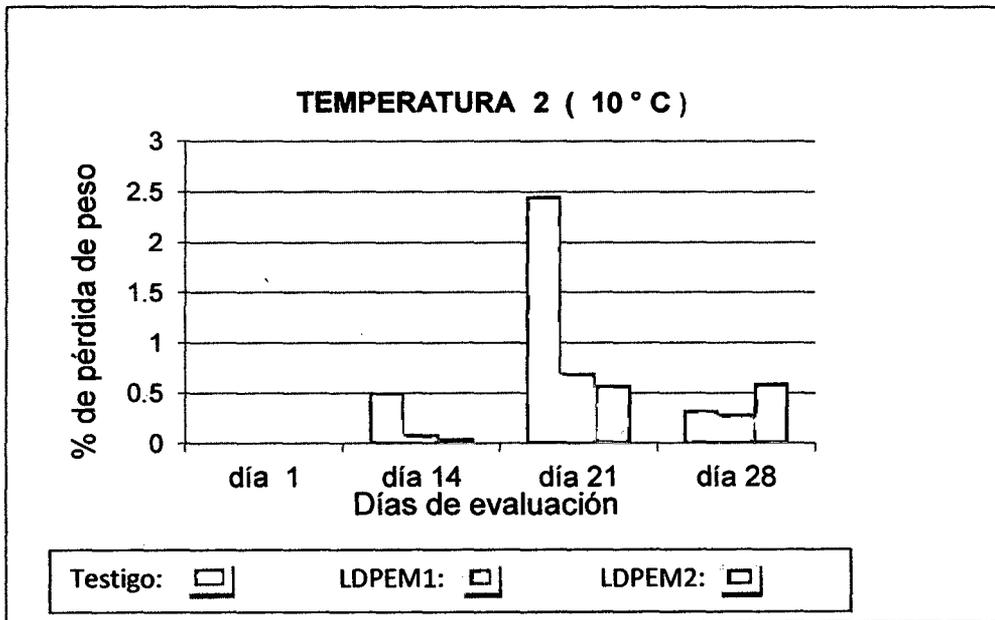


Gráfico 02: Cambios de pérdida de peso (%) del fruto de mango a temperatura 10 °C, envasado en atmósfera modificada.

## 4.1.2 Variación del color del fruto

### 4.1.2.1 Luminosidad ( $\Delta L^*$ )

En el cuadro 22 y 23 se observa los valores promedios de luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del mango envasado en atmósfera modificada.

A temperatura 8 °C la luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del fruto testigo (E0) disminuyó de 55.01 a 47.89. Mientras que el fruto en LDPEM1 pasó de 57.49 a 50.17 y en LDPEM2 de 50.19 a 64.14 respectivamente al final del tratamiento (28 días). Este ligero incremento de la luminosidad se evidencia en el color más claro del fruto por el amarillo de la cáscara. Basado en los espacios de colores CIELAB (Hunterlab, 1996) y Castañer et.al., 1999) los cambios de coloración amarillo se debe a la degradación de la clorofila se evidencia los resultados por el bajo nivel de oxígeno.

A temperatura 10 ° C. La luminosidad ( $\Delta L^*$ ) de los frutos en envases LDPEM1 pasó de 65.93 a 54.17, mientras que los de LDPEM2 pasó de 63.15 a 58.48 respectivamente, desde el inicio hasta el final de la prueba. El fruto testigo E0 reportó 48.34 de luminosidad, menor que los frutos de envase LDPEM1 y LDPEM2.

En los gráficos 03 y 04 se observan las variaciones de luminosidad del fruto del mango.

Los resultados se reportan en el anexo 2.

Cuadro 22: Valores promedios obtenidos de la variación de la luminosidad ( $\Delta L^*$ ) en el fruto testigo E0, en envase LDPEM1, LDPEM2 a temperatura ( $8^\circ\text{C}$ ) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 ( $8^\circ\text{C}$ )			
Días de evaluación	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	55.01	57.49	57.34
día 14	55.21	55.29	50.19
día 21	49.25	52.73	63.82
día 28	47.89	50.17	64.14
<b>TOTAL</b>	<b>207.36</b>	<b>215.68</b>	<b>235.49</b>

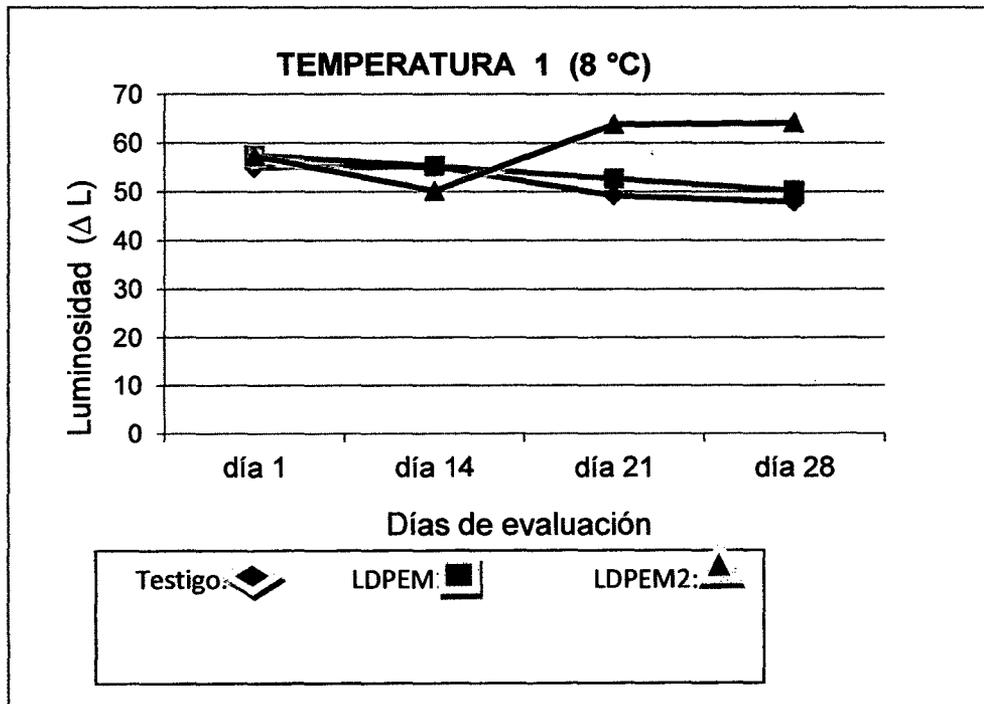


Gráfico 03: Valores promedios de luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del fruto, a temperatura  $8^\circ\text{C}$  en atmósfera modificada.

Cuadro 23: Valores promedios obtenidos de la variación de la luminosidad ( $\Delta L^*$ ) en el fruto testigo E0, en envase LDPEM1, LDPEM2 a temperatura (10 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 2 (10 °C)				
Días de evaluación	de	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1		53.43	65.93	63.15
día 14		54.09	68.63	60.6
día 21		50.56	52.34	57.02
día 28		48.34	54.17	58.48
<b>TOTAL</b>		<b>206.42</b>	<b>241.07</b>	<b>239.25</b>

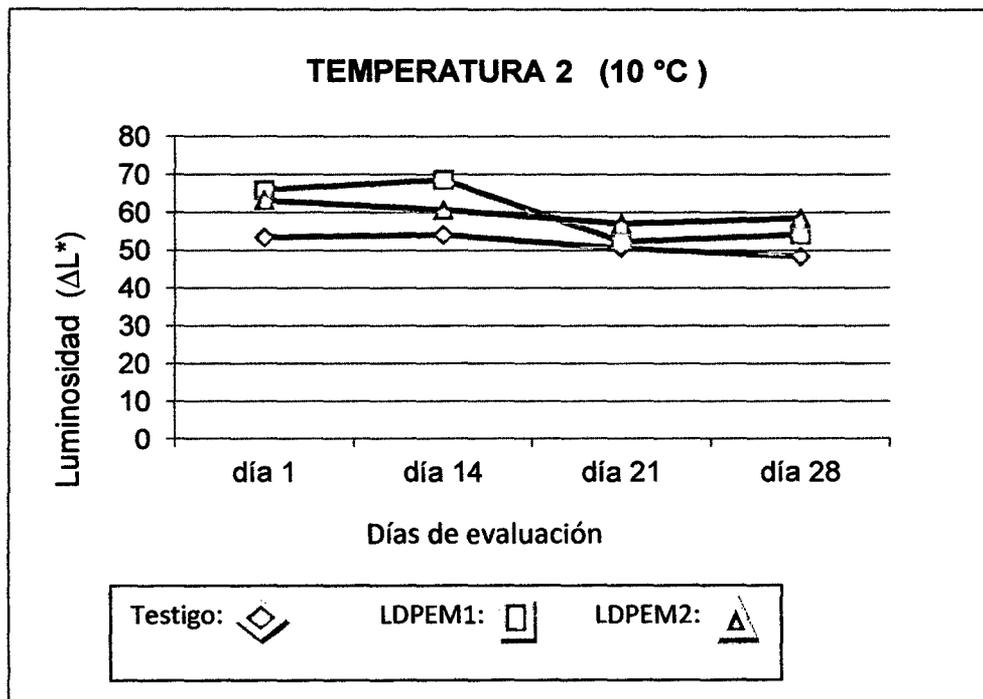


Gráfico 04: Valores promedios de luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.

#### 4.1.2.2 Cromaticidad ( $\Delta a^*$ )

En el cuadro 24 y 25 la variación de la cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) de fruto de mango en atmosfera modificada.

A temperatura 8 °C se observa un menor incremento gradual de la cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) del fruto del mango en envases LDPEM1 hasta el final del tratamiento (28 días). El fruto testigo E0 tuvo un mayor incremento de su cromaticidad  $a^*$ , es decir se incrementó su maduración. Asimismo a temperatura 10°C la cromaticidad  $a^*$  en el fruto de envase LDPEM1 se incrementó de -20.42 a -15.15 del día 1 al día 28 , mientras que en LDPEM2 fue de -17.14 a -14.98, el fruto testigo E0 de -14.59 a -12.01 .El incremento del valor  $a^*$  implica una reducción de la pigmentación verde como lo explica Castañer et al. (1999).

En los gráficos 05 y 06 se puede observar la tendencia de la cromaticidad del fruto de mango.

Los resultados se indican en el anexo 2

Cuadro 24: valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) a temperatura 8 °C, en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 8 °C			
Días de evaluación	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	-18.14	-17.94	-18.49
día 14	-15.32	-17.72	-15.71
día 21	-14.3	-16.96	-14.25
día 28	-12.81	-16.81	-14.14
<b>TOTAL</b>	<b>-60.57</b>	<b>-69.43</b>	<b>-62.59</b>

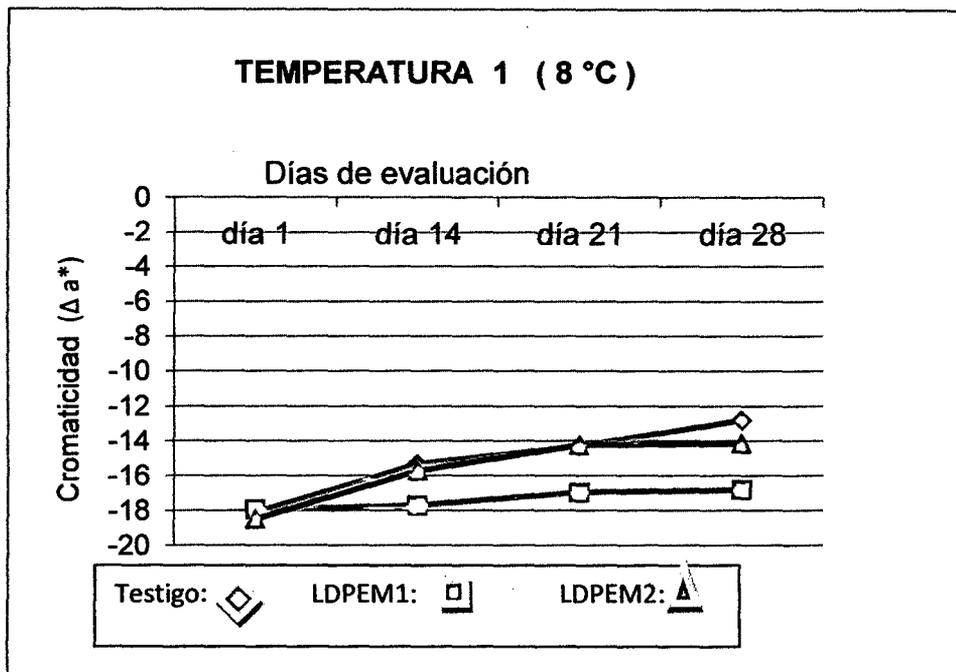


Gráfico 05: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.

Cuadro 25: Valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) a temperatura 10°C, en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 ( 10 °C )			
Días de evaluación	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	-14.59	-20.42	-17.14
día 14	-12.06	-18.94	-16.48
día 21	-12.34	-16.05	-15.2
día 28	-12.01	-15.15	-14.98
<b>TOTAL</b>	<b>-51</b>	<b>-70.56</b>	<b>63.8</b>

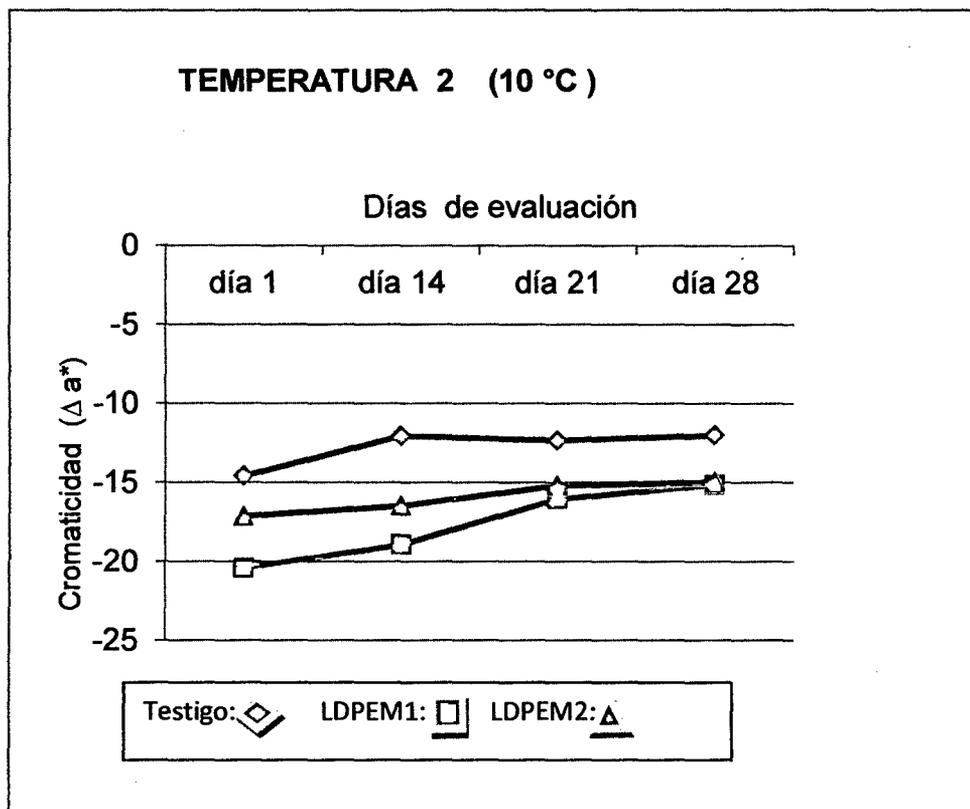


Gráfico 06: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.

#### 4.1.2.3 Cromaticidad ( $\Delta b^*$ )

En el cuadro 26 y 27 se observa un incremento de la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) de los frutos de mango almacenados en atmosfera modificada.

A temperatura 8 °C la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) del fruto del mango en envase LDPEM1 se incrementó de 29.14 a 39.81, mientras que en LDPEM2 fue de -18.49 a -4.35 y en el fruto testigo E0 de 30.14 a 40.56 del día 1 al día 28. Asimismo a temperatura 10°C en el tratamiento envase LDPEM1 la cromaticidad se incrementó de 30.1 a 39.98, mientras que en LDPEM2 fue de -27.49 a 39.42, para el fruto testigo E0 27.95 a 35.46 del día 1 al día 28. Finalmente a 8 °C los frutos en envase LDPEM2 permanece su variación mínima de color desde el día 21 hasta el final del tratamiento 28 días. Los resultados de la variación de la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) se aprecian en los gráficos 07 y 08.

Cuadro 26: valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) a temperatura (8 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 (8 °C)			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	26.92	29.14	30.14
día 14	29.46	31.88	33.63
día 21	33.75	36.27	39.02
día 28	36.12	39.81	40.56
<b>TOTAL</b>	<b>126.25</b>	<b>137.1</b>	<b>143.35</b>

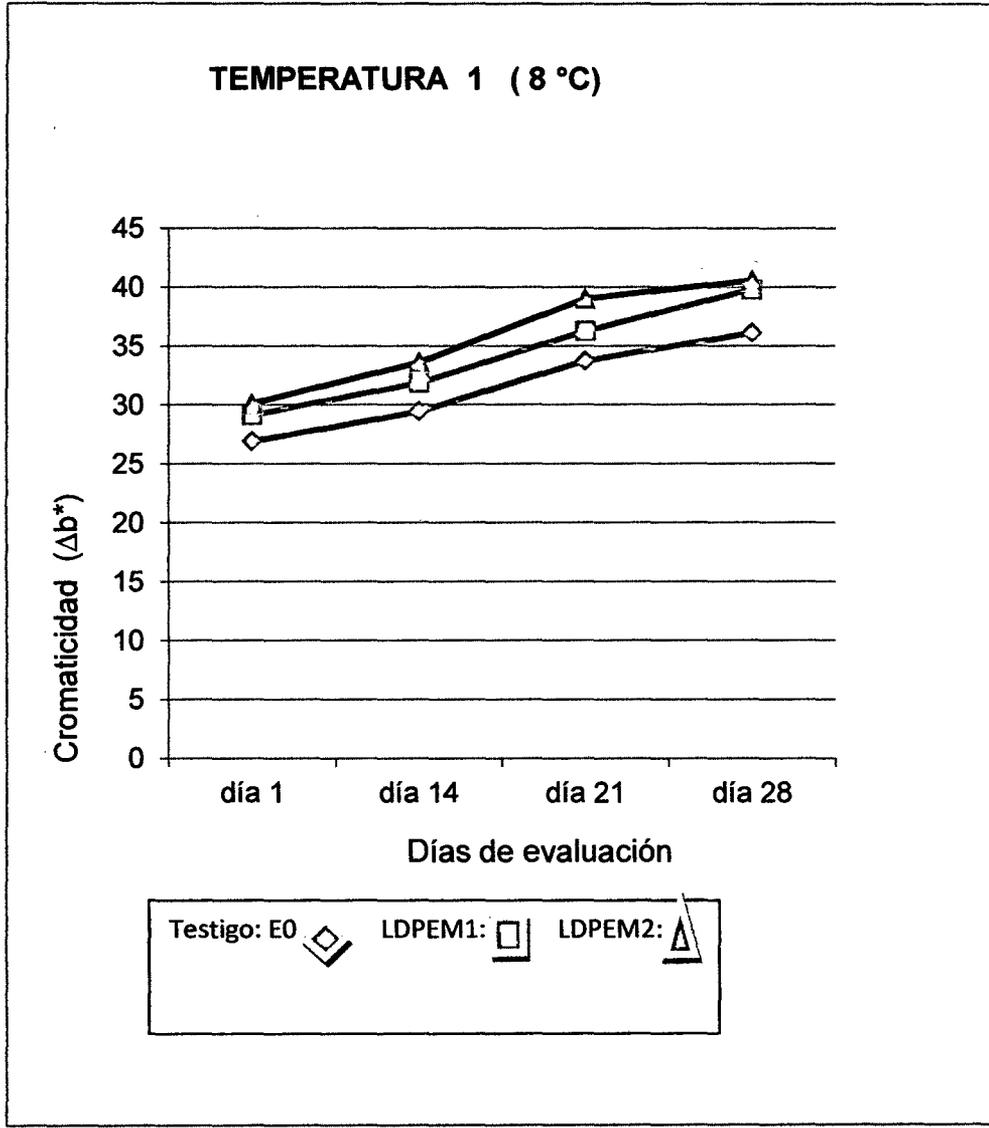


Gráfico 07: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.

Cuadro 27: valores obtenidos de la variación de la cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) a temperatura (8 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 2 10 °C			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	27.95	30.1	27.49
día 14	27.15	32.16	30.13
día 21	31.84	38.03	37.31
día 28	35.46	39.98	39.42
<b>TOTAL</b>	<b>122.4</b>	<b>140.27</b>	<b>134.41</b>

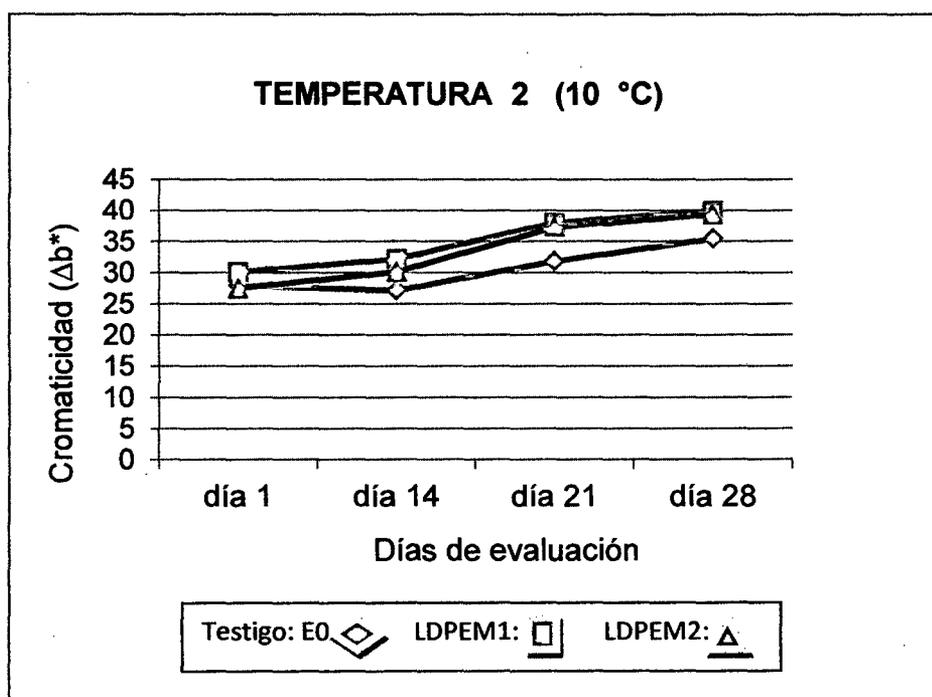


Gráfico 08: Relación envase, cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.

#### 4.1.2.4 Diferencia total del color ( $\Delta E^*$ )

Durante el periodo de almacenaje el color de fondo de los frutos varió de un color verde a un amarillo pálido en los frutos M1 y de un verde pálido a un amarillo brillante en los frutos M2. El mayor cambio en color lo presentaron los frutos testigos y los con bolsa perforada, intensificándose y emparejándose este cambio al ser sometido los frutos de todos los tratamientos a temperatura de 18 °C. Finalmente es notorio que los frutos de ambos estados de madurez terminan con un mayor porcentaje de frutos amarillo naranja en los tratamientos testigo y con bolsa perforada a diferencia de los conservados con bolsa sellada. Se confirma el efecto de la atmósfera modificada (AM) retarda la evolución del color.

Luego de obtener los resultados de luminosidad  $L^*$  y cromaticidad  $a^*$  y  $b^*$  de los cuadros 22, 23, 24, 25, 26 y 27 de los ítems anteriores se hizo la evaluación de los cálculos de la diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto (cuadro 28).

En el cuadro 29 se muestra el análisis de varianza programa Statgraphics Centurión, factorial diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) para los días 1, 14, 21 y 28. El coeficiente de variabilidad fue de 5.09 %.

En el cuadro ANVA se observa que existe efecto en la variación del color del fruto de mango entre envases pero no fue influenciado por factor tiempo (C) ni por el factor temperatura (B). Asimismo, existe diferencia significativa las interacciones entre envases (AA), las interacciones AC (envase-tiempo) e interacciones BC (temperatura-tiempo).

En el cuadro 30 se observa la prueba de comparación de promedios tukey (5%). El fruto de mango en envase LDPEM2 tiene mayor diferencia del color que los otros frutos en LDPEM1 a °C 8 , llegando a valores promedios de 70.66 y 70.43. Mientras que los frutos testigos (E0) influyó en el color del fruto, superando estadísticamente en el menor cambio de color que los frutos en envase

Las tendencias de evolución de la diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) se representa en el gráfico 12 y 13.

En el cuadro 31 a temperatura 8 °C se observó que los frutos en envase LDPEM1 permaneció en un diferencia mínima de color total (66 en promedio) y en LDPEM2 ascendió de 67.36 a 77.19 desde el inicio (día 1) hasta el final del tratamiento (28 días).El fruto testigo disminuyó de 63.87 a 61.33 al final del tratamiento.

En el cuadro 32 a temperatura 10 °C los frutos en envase LDPEM1 tuvo una disminución de variación de color de 75.29 al inicio y terminó con 69.00 a los 28 días, mientras que en envase LDPEM2 pasó de 70.97 a 72.13. El fruto testigo disminuyó de 62.03 a 61.14 al final del tratamiento. La variación del color del fruto está relacionada con la maduración. Según Merlyng (1994) el etileno es la hormona natural del fruto que provoca los procesos de maduración y se ve reflejada en los cambios de color de la cáscara del fruto de mango tratado.

Los resultados se visualizan en el gráfico 09 y 10.

Cuadro 28: Resultados de diferencia total del color del fruto ( $\Delta E^*$ ) envasado en AM.

Días	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPEM 1	LDPEM 2	Testigo E0	LDPE M1	LDPEM 2
Día 1	63.87	66.06	67.36	62.03	75.29	70.97
Día 14	64.42	66.23	62.42	61.71	78.12	69.65
Día 21	61.39	66.2	76.14	61.01	66.65	69.81
Día 28	61.33	66.21	77.19	61.14	69	72.13
TOTAL	251.01	264.7	283.11	245.89	289.06	282.56
promedio	62.55	66.2	70.66	61.33	71.91	70.43

Cuadro 29: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics  
 Centurión, factorial para la variación del color ( $\Delta E^*$ )  
 del mango en atmósfera modificada. . ( $\alpha = 0.05$ )

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Envase	869,722	1	869,722	73,86	0,0000
B:temperatura	40,59	1	40,59	3,45	0,0682
C:Tiempo	0,124695	1	0,124695	0,01	0,9184
AA	130,074	1	130,074	11,05	0,0015
AB	2,86163	1	2,86163	0,24	0,6238
AC	135,962	1	135,962	11,55	0,0012
BC	101,527	1	101,527	8,62	0,0047
CC	11,2654	1	11,2654	0,96	0,3319
bloques	2,33808	2	1,16904	0,10	0,9056
Error total	718,303	61	11,7755		
Total (corr.)	2012,77	71	CV= 5.09 %		

Cuadro 30: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto del mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 ) (1)

FACTOR ENVASE	Promedio de variación de color ( $\Delta E^*$ )	
	T1 8 °C	T2 10 °C
Testigo E0	62.55c	61.33c
LDPE M1	66.2b	71.91a
LDPE M2	70.66a	70.43a
VC Tukey= 3,92		

(1) En cada periodo de evaluación, promedios que tienen la misma letra son iguales, caso contrario son significativos

Cuadro 31: valores promedios obtenidos de diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) a temperatura (8 °C) en AM.

TEMPERATURA 8 °C			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	63.87	66.06	67.36
día 14	64.42	66.23	62.42
día 21	61.39	66.2	76.14
día 28	61.33	66.21	77.19
<b>TOTAL</b>	<b>251.01</b>	<b>264.7</b>	<b>283.11</b>

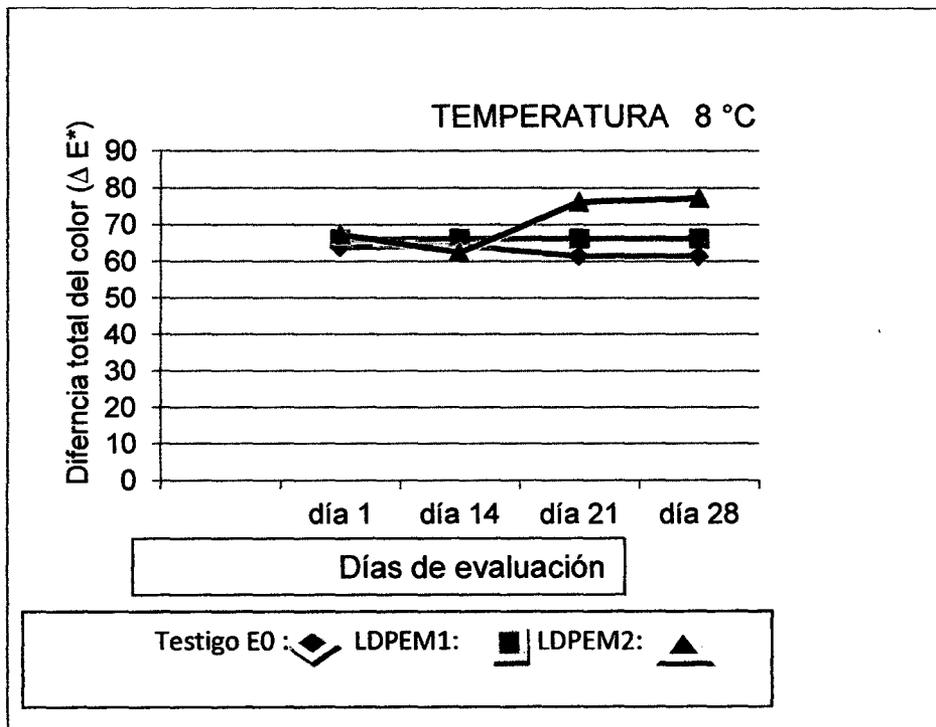


Gráfico 09: Relación envase – diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.

Cuadro 32: valores promedios obtenidos de variación del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto, a temperatura (10 °C) en AM

TEMPERATURA 10 °C			
Días	Testigo E 0	LDPEM 1	LDPEM2
día 1	62.03	75.29	70.97
día 14	61.71	78.12	69.65
día 21	61.01	66.65	69.81
día 28	61.14	69	72.13
<b>TOTAL</b>	<b>245.89</b>	<b>289.06</b>	<b>282.56</b>

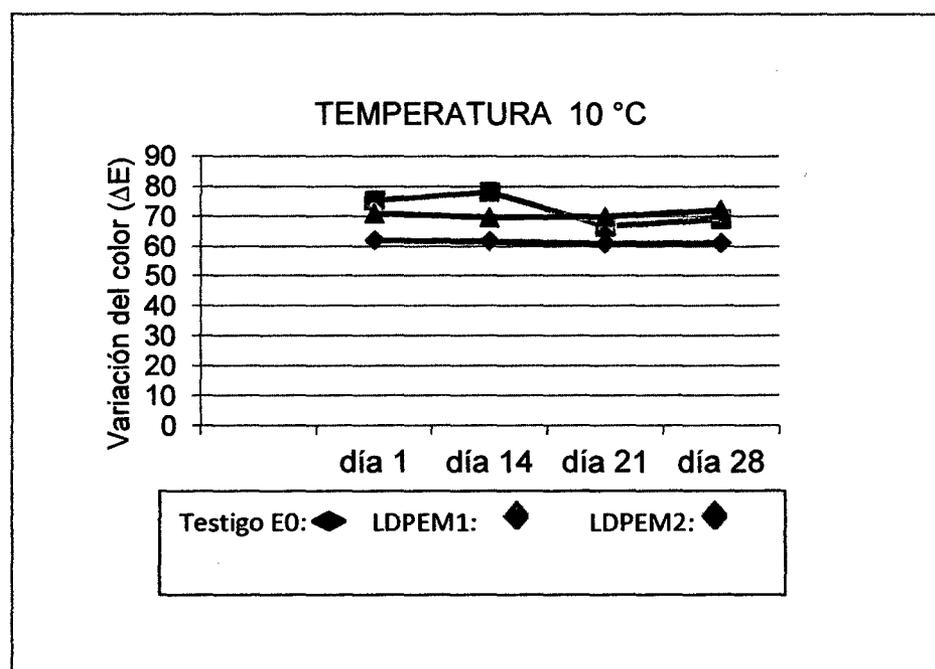


Gráfico 10: Relación envase – diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ) del fruto a temperatura 10 °C en atmósfera modificada.

## **4.2 Análisis químico.**

### **4.2.1 Porcentaje de sólidos solubles totales (°brix).**

En el cuadro 33 se observa los valores promedios obtenidos de los sólidos solubles totales o °brix.

En el cuadro 34 se describe los resultados del análisis de varianza de los días 1, 14, 21 y 28 días de almacenamiento. Su coeficiente de variabilidad fue de 4.05 %. En el cuadro ANVA se puede observar que los contenidos de sólidos solubles de los mangos fueron influenciados por el factor envase y por el tiempo de almacenaje. Mientras que la temperatura no fue significativa. Asimismo, existe diferencia significativa entre envases AA, las interacciones AB (envase-temperatura), las interacciones AC (envase tiempo) y las interacciones de ambas temperaturas (8 °C y 10 °C).

En el cuadro 35 se observa la prueba de comparación de promedios tukey (5%). Los frutos testigos E0 tuvieron mayor efecto en relación de los incrementos de sólidos solubles que los frutos envasados en LDPEM1 y LDPEM2 llegando a valores de 10.46 °brix y 11.02 °brix, mientras que los frutos de envase LDPEM1 superaron estadísticamente a los otros frutos almacenados en el menor contenido de azúcares a temperatura de 8 °C . no hubo influencia significativa en ambos tipos de envase a temperatura 10 °C.

En el cuadro 36 a 8 °C se aprecian los contenidos de °brix en los frutos de envase LDPEM1 e iniciaron con 9.32 % y culminaron con 11.28 %, mientras que los frutos de envase LDPEM2 comenzó con 9.41 % y terminó con 10.03 % al final del tratamiento (28 días).

En el cuadro 37 a 10 °C se observa un mayor incremento de °brix en envase LDPEM1 y pasó de 8.81 a 11.12 % y los de envase LDPEM2 de 9.90 a 9.98 % al final del tratamiento. Los frutos

testigos E0 incrementaron sus °brix en 12.62 % y 13.36 % a tratamientos de 8 y 10 °C al término de la evaluación. El incremento de los sólidos solubles totales confirma la formación de azúcares, ácidos y otros productos debido a la maduración organoléptica de los frutos que señala Merling (1994) donde ocurre la hidrólisis del almidón, para mangos maduros pueden contener hasta 15 % con un pH de 5, dependiendo de la variedad del fruto. La tendencia se visualiza en los gráficos 11 y 12. Los resultados se observan en el anexo 3

Cuadro 33: Valores promedios de solidos soluble totales (brix) de los frutos de mango en AM

Días	TEMPERATURA 1 (8 °C)			TEMPERATURA 2 (10 °C)		
	Testigo E0	LDPEM 1	LDPE M2	Testigo E0	LDPEM 1	LDPEM2
día 1	9.08	9.32	9.41	9.2	8.81	9.9
día 14	10.12	9.14	9.55	10.3	9.04	9.13
día 21	10.02	9.38	10.21	11.22	10.15	10.11
día 28	12.62	11.28	10.03	13.36	11.12	9.98
<b>TOTAL</b>	<b>41.84</b>	<b>39.12</b>	<b>39.2</b>	<b>44.08</b>	<b>39.12</b>	<b>39.12</b>
<b>Promed</b>	<b>10.46</b>	<b>9.78</b>	<b>9.8</b>	<b>11.02</b>	<b>9.78</b>	<b>9.78</b>

Cuadro 34: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics  
 Centurión, factorial variación de sólidos solubles total  
 (°Brix) del mango en atmósfera modificada. ( $\alpha = 0.05$ )

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Envase	10,973	1	10,973	65,30	0,0000
B:temperatura	0,610513	1	0,610513	3,63	0,0613
C:Tiempo	43,8274	1	43,8274	260,83	0,0000
AA	3,71526	1	3,71526	22,11	0,0000
AB	0,966169	1	0,966169	5,75	0,0196
AC	15,1956	1	15,1956	90,43	0,0000
BC	0,297562	1	0,297562	1,77	0,1882
CC	4,19051	1	4,19051	24,94	0,0000
bloques	0,028675	2	0,0143375	0,09	0,9183
Error total	10,2499	61	0,168031		
Total (corr.)	90,0546	71	CV= 4.05 %		

Cuadro 35: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación de porcentajes de sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 ) (1)

FACTOR ENVASE	Promedio de variación solidos solubles totales	
	T1 8 °C	T2 10 ° C
Testigo E0	10.46a	11.02a
LDPE M1	9.78c	9.78c
LDPE M2	9.8b	9.78c
VC Tukey= 0,056		

(1) En cada periodo de evaluación, promedios que tienen la misma letra son iguales, caso contrario son significativos

Cuadro 36: Valores promedios obtenidos de los sólidos solubles totales (°brix) de los frutos a temperatura 1 (8°C) en AM.

TEMPERATURA 1 ( 8 °C)			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	9.08	9.32	9.41
día 14	10.12	9.14	9.55
día 21	10.02	9.38	10.21
día 28	12.62	11.28	10.03
<b>TOTAL</b>	<b>41.84</b>	<b>39.12</b>	<b>39.2</b>

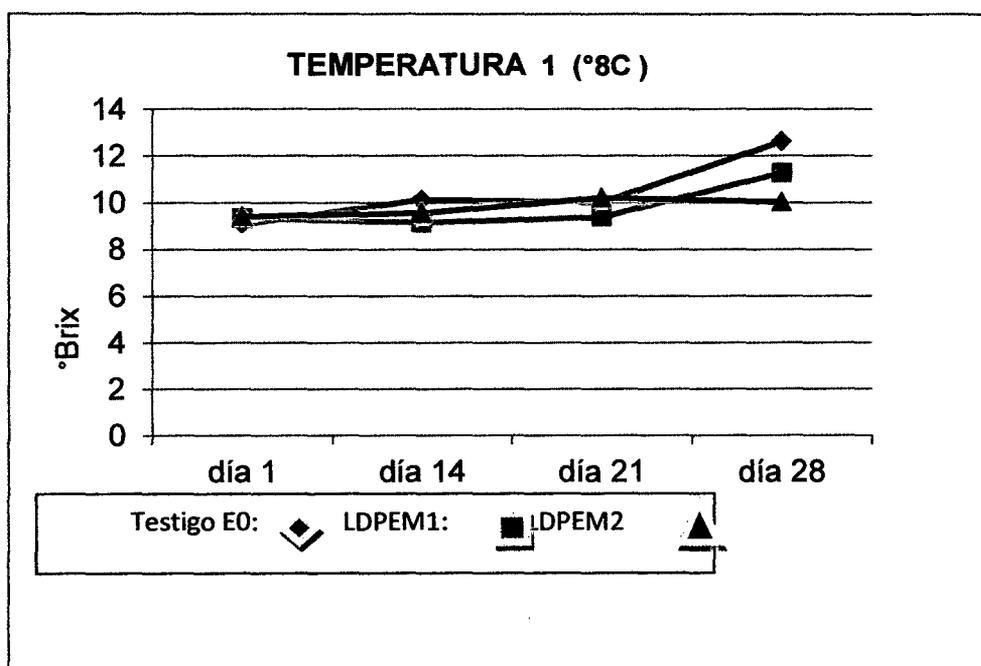


Gráfico 11: Relación envase- sólidos solubles totales ( °brix ) del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada (AM).

Cuadro 37: Valores promedios obtenidos de los sólidos solubles totales (°brix) de los frutos a temperatura 2 (10°C) en AM.

TEMPERATURA 2 ( 10 °C)			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	9.2	8.81	9.9
día 14	10.3	9.04	9.13
día 21	11.22	10.15	10.11
día28	13.36	11.12	9.98
<b>TOTAL</b>	<b>44.08</b>	<b>39.12</b>	<b>39.12</b>

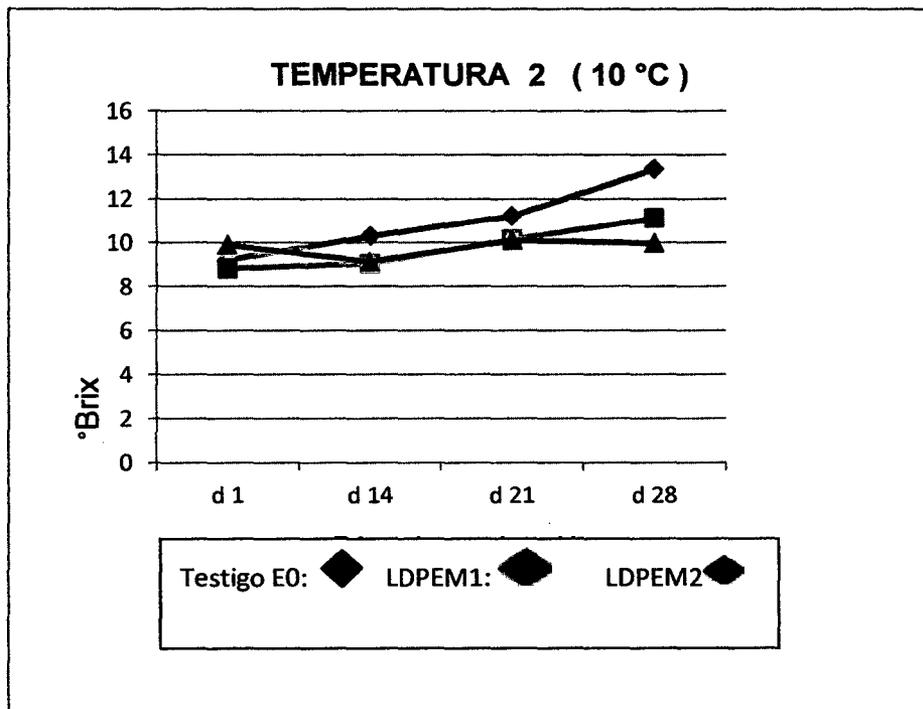


Gráfico 12: Relación envase- sólidos solubles totales ( °brix ) del fruto, a temperatura 10 °C en atmósfera modificada (AM).

#### 4.2.2 pH.

En el cuadro 38 se indica los valores promedios del pH del fruto en atmósfera modificada.

En el cuadro 39 se muestra el análisis de varianza programa Statgraphics Centurión, factorial pH del fruto en los días 1, 14, 21 y 28. Su coeficiente de variabilidad fue de 5.14 %. En el cuadro ANVA se indica que existe una variación del pH altamente significativa debido al tiempo de almacenamiento del fruto de mango. Asimismo existe diferencia significativa las interacciones AA (entre envases) y AB (envase-temperatura). De igual manera las interacciones BC (temperatura-tiempo) y las interacciones CC (entre temperaturas) existen diferencias significativas.

En el cuadro 40 se observa la prueba de comparación de promedios Tukey (5%) de los efectos del tratamiento sobre el pH del fruto. Los frutos de envase LDPEM2 tuvieron pH más alto que los otros frutos, llegando a valores de 4.75 y 4.66, mientras que los frutos en envase LDPEM1 influyó notablemente en la reducción de pH, superando estadísticamente a los otros frutos durante el almacenamiento en atmósfera modificada.

En el cuadro 41 los frutos que iniciaron el tratamiento a 8 °C tuvieron un pH 4 en promedio, se realizaron las evaluaciones a los 14, 21 y 28 días y se encontraron que para frutos en envase LDPEM2 alcanzaron 4.8 en promedio, mientras que para los frutos en LDPEM1 y el testigo E0 llegó a 4.5 en promedio.

En el cuadro 42 a 10 °C los frutos en envase LDPEM2 incrementó su pH mayor a 5 y en envase LDPEM1 llegó a 4.2 al término de la prueba (28 días).

Los valores obtenidos se aprecian en los gráficos 13 y 14.

Los resultados se indican en el anexo 4.

Cuadro 38: Valores de variación de pH del fruto de mango envasado en atmosfera modificada.

Días	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	4.08	3.94	4.15	4.2	4.02	3.95
día 14	4.52	4.19	4.8	4.18	4.15	4.41
día 21	4.78	4.53	5.2	5.1	4.63	5.05
día 28	4.58	4.54	4.85	5.4	4.2	5.23
Total	17.96	17.2	19	18.88	17	18.64
Promedio	4.49	3.3	4.75	4.72	4.18	4.66

Cuadro 39: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics  
Centurión, factorial variación del pH del mango en  
atmósfera modificada ( $\alpha= 0.05$ )

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Envase	0,124033	1	0,124033	2,26	0,1381
B:temperatura	0,0174222	1	0,0174222	0,32	0,5754
C:Tiempo	6,72947	1	6,72947	122,52	0,0000
AA	2,32054	1	2,32054	42,25	0,0000
AB	0,300833	1	0,300833	5,48	0,0226
AC	0,0176817	1	0,0176817	0,32	0,5725
BC	0,325201	1	0,325201	5,92	0,0179
CC	0,728022	1	0,728022	13,25	0,0006
bloques	0,0330861	2	0,0165431	0,30	0,7410
Error total	3,35042	61	0,0549249		
Total (corr.)	13,9467	71	CV= 5.14 %		

Cuadro 40: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación del pH del fruto de mango a 1,14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 ) (1)

FACTOR ENVASE	Promedio de variación de pH	
	T1 8 °C	T2 10 °C
Testigo E0	4.4b	4.72a
LDPE M1	3.3c	4.18c
LDPE M2	4.75a	4.66ab
VC Tukey= 0,018		

(1) En cada periodo de evaluación, promedios que tienen la misma letra son iguales, caso contrario son significativos

Cuadro 41: Valores promedios obtenidos del pH del fruto a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 ( 8 °C )			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	4.08	3.94	4.15
día 14	4.52	4.19	4.8
día 21	4.78	4.53	5.2
día 28	4.58	4.54	4.85
TOTAL	17.96	17.2	19

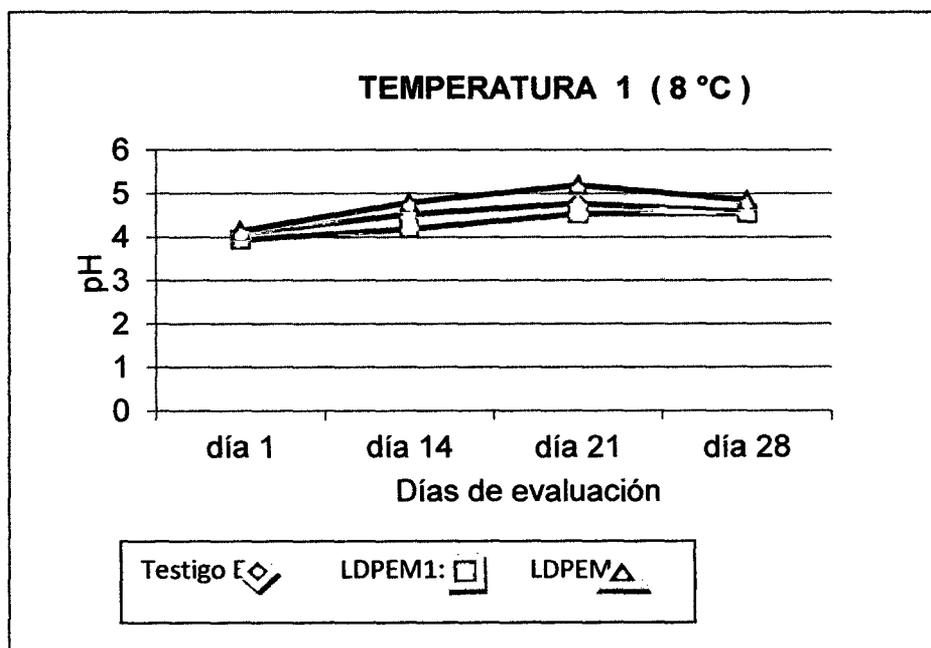


Gráfico 13: Relación envase-pH del fruto, a temperatura 8 °C en atmósfera modificada.

Cuadro 42: Valores promedios obtenidos del pH del fruto a temperatura 2 (10 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 2 ( 10 °C )			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	4.2	4.02	3.95
día 14	4.18	4.15	4.41
día 21	5.1	4.63	5.05
día 28	5.4	4.2	5.23
TOTAL	18.88	17	18.64

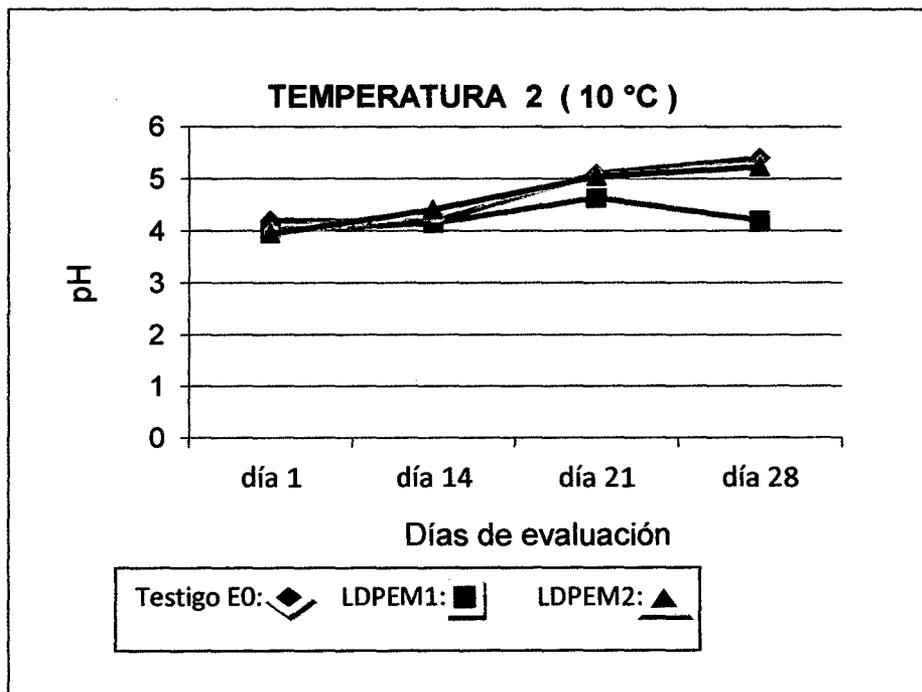


Gráfico 14: Relación envase-pH del fruto, a temperatura 2 (10°C) en atmósfera modificada.

#### 4.2.3 Acidez titulable.

En el cuadro 43 se indican los valores promedios de la acidez de los frutos (% ac. málico) en atmósfera modificada.

En el cuadro 44 se muestra el análisis de varianza programa Statgraphics Centurión factorial porcentaje de acidez titulable en atmósfera modificada durante los días 1, 14, 21 y 28. El coeficiente de variabilidad fue de 7.8 %. En el cuadro ANVA se observa que existe diferencia significativa de la acidez del mango cuando transcurre el tiempo de almacenaje. Asimismo las interacciones AA (entre envases), AB (envase-temperatura) y AC (envase-tiempo) fueron altamente significativas. Todas las demás interacciones resultaron no significativas.

En el cuadro 45 se observa la prueba de comparación de promedios Tukey (5%) de los efectos del tratamiento sobre la acidez del fruto.

Los frutos de envase LDPEM1 a temperatura 10 °C tuvieron mayor contenido de acidez que los frutos de envase LDPEM1 A 8 °C y a los otros frutos a ambas temperaturas , mientras que el fruto en envase LDPEM2 influyó notablemente en el menor contenido de acidez ,superando estadísticamente a los otros frutos de envase LDPEM1 y los frutos testigos (E0).

En el cuadro 46 para el tratamiento de 8 °C, los frutos iniciaron con contenidos de acidez promedio 1.69 % y culminaron para frutos en LDPEM1 con 0.86 % y para frutos en LDPEM2 con 0.63%. Los contenidos de acidez en los frutos en envases fueron menores que el fruto testigo con valor de 1.16%.

En el cuadro 47 a tratamiento de 10 °C los frutos en envase LDPEM1 y LDPEM2 iniciaron con contenidos de acidez de 1.85 % y culminaron con 1.07 % y 0.69 % respectivamente al final del tratamiento (28 días). El fruto testigo alcanzó una acidez de 0.97 %. Estos resultados prueban el lento desarrollo de la madurez del fruto

en envases en atmósfera modificada. Corroborada por Spencer (1996) y considera que en la maduración los ácidos tienden a disminuir e incrementar sustancias pépticas y pueden afectar los cambios de color. Los resultados se observan en los gráficos 15 y 16.

Los resultados provienen del anexo 5

Cuadro 43: Valores promedios de la acidez de los frutos (% ac. málico) en atmósfera modificada.

DIAS	Temperatura 1 8 C			Temperatura 2 10 C		
	T8 °C	T 8 °C	T 8 °C	T 10 °C	T 10 ° C	T10 °C
día 1	1.72	1.68	1.68	1.32	1.85	1.85
día 14	1.4	1.4	1.31	1.26	1.34	1.53
día 21	1.16	1.3	1.1	1.13	1.3	1.09
día 28	1.16	0.86	0.63	0.97	1.07	0.69
total	5.44	5.24	4.72	4.68	5.56	5.16
promedio	1.36	1.31	1.18	1.17	1.39	1.29

Cuadro 44: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics

Centurión, factorial variación de acidez (% de ácido

málico) del mango en atmósfera modificada ( $\alpha= 0.05$ )

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Envase	0,0105021	1	0,0105021	1,02	0,3165
B:temperatura	0,000501389	1	0,000501389	0,05	0,8261
C:Tiempo	5,93157	1	5,93157	576,03	0,0000
AA	0,159334	1	0,159334	15,47	0,0002
AB	0,268502	1	0,268502	26,07	0,0000
AC	0,65417	1	0,65417	63,53	0,0000
BC	0,00173361	1	0,00173361	0,17	0,6830
CC	0,0006125	1	0,0006125	0,06	0,8081
bloques	0,00176944	2	0,000884722	0,09	0,9178
Error total	0,628139	61	0,0102974		
Total (corr.)	7,65683	71	CV= 7.8 %		

Cuadro 45: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación de acidez (% de ácido málico) del mango a 1, 14, 21 y 28 días de conservación ( tukey 0.05 ) (1).

FACTOR ENVASE	Promedio de variación de acidez	
	T1 8 °C	T2 10 °C
Testigo E0	1.36a	1.17c
LDPE M1	1.31b	1.39a
LDPE M2	1.18c	1.29b
VC Tukey= 0,117		

- 1) En cada periodo de evaluación, promedios que tienen la misma letra son iguales, caso contrario son significativos

Cuadro 46: Valores promedios obtenidos de la acidez (% ácido málico) a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 (8 °C)			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	1.72	1.68	1.68
día 14	1.4	1.4	1.31
día 21	1.16	1.3	1.1
día 28	1.16	0.86	0.63
<b>TOTAL</b>	<b>5.44</b>	<b>5.24</b>	<b>4.72</b>

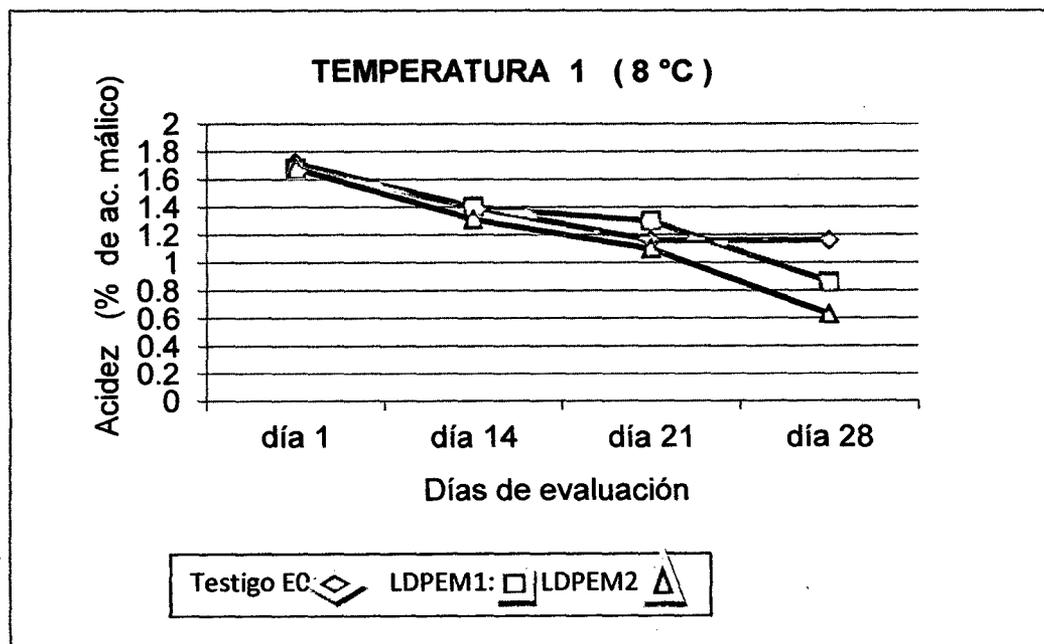


Gráfico 15: Relación envase-acidez (% ácido málico) del fruto a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada.

Cuadro 47: Valores promedio obtenidos de la acidez (% ácido málico) a temperatura 2 (10 °C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 2 (10 °C)			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	1.32	1.85	1.85
día 14	1.26	1.34	1.53
día 21	1.13	1.3	1.09
día 28	0.97	1.07	0.69
<b>TOTAL</b>	<b>4.68</b>	<b>5.56</b>	<b>5.16</b>

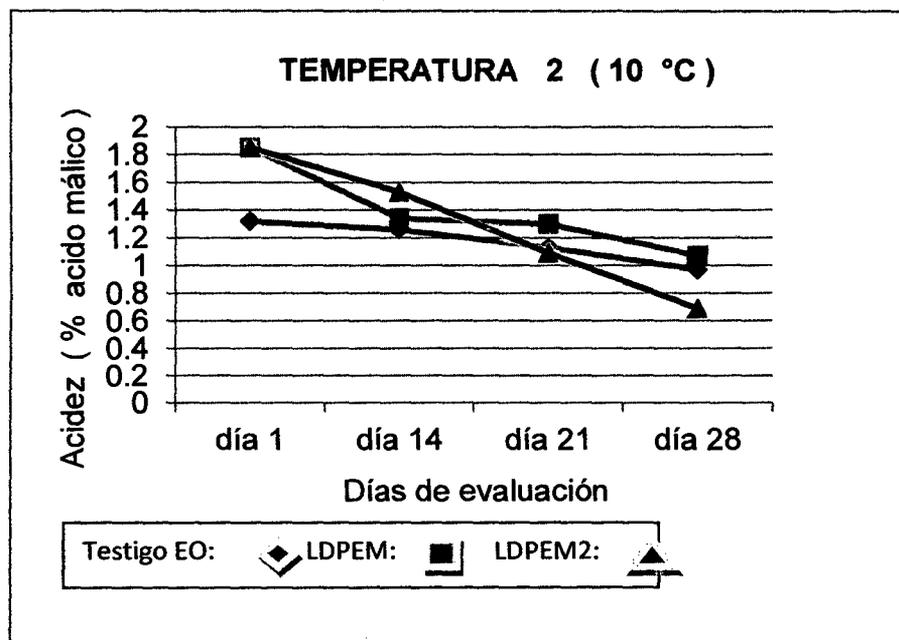


Gráfico 16: Relación envase-acidez (% ácido málico) del fruto a temperatura 2 (10 °C) en atmósfera modificada.

#### 4.2.4 Vitamina C. (mg de ácido ascórbico/100 g pulpa)

En el cuadro 48 se indica los valores promedios de vitamina C (mg/100g) en atmósfera modificada para los días 1, 14, 21 y 28. Los resultados se obtuvieron del Anexo 6.

Cuadro 48. Valores promedios de vitamina C de los frutos envasado en atmósfera modificada.

Días	Temperatura 1 8 °C			Temperatura 2 10°C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	3.48	3.36	3.94	3.64	2.98	3.79
día 14	3.32	3.3	3.58	3.1	3.12	3.67
día 21	2.86	2.04	2.68	2.84	2.57	3.03
día 28	2.61	1.03	2.84	1.68	2.69	3.59
total	12.27	9.74	13.05	11.26	11.36	14.08
promed	3.06	2.43	3.26	2.81	2.84	3.52

En el cuadro 49 se muestra el análisis de varianza programa Statgraphics Centurión, factorial vitamina C (mg/100g) para los días 1, 14, 21 y 28 en atmósfera modificada. El coeficiente de variabilidad fue de 1.09 %. Del cuadro ANVA podemos indicar que existe una disminución progresiva de la vitamina C en todos los frutos del factor envase (A) durante el tiempo de almacenaje. De igual manera existe diferencia significativa debido al tiempo de almacenaje del mango. Asimismo, existe diferencia significativa entre la interacción AB (envase temperatura).

En el cuadro 50 se observa la prueba de comparación de promedios Tukey (5%) de los efectos del tratamiento sobre la vitamina C. Los frutos de envase LDPEM2 tuvieron mayor contenido de vitamina C que los otros frutos, llegando a valores de 3.26 mg/100g y 3.52 mg/100g, mientras que los frutos en envase LDPEM1 presentaron menores contenidos de vitamina C superando estadísticamente a los otros frutos almacenados en atmósfera modificada. Comparados con el contenido de vitamina C que reporta Pantastico (1984) de 9 a 10mg /100g se comprueba que varía según variedad y madurez.

En el cuadro 51 para tratamiento de 8 °C, los frutos de envase LDPEM1 la vitamina C disminuyó de 3.36 a 1.03 mg/100 g, mientras que en envase LDPEM2 alcanzó a 2.84 mg/100g hasta los 28 días de almacenamiento.

En el cuadro 52 para tratamientos de 10 °C, los frutos de envase LDPEM1 la vitamina C se mantuvo en 2.6 mg/100g y para LDPEM2 3.59 mg/100g al final del tratamiento 28 días. Comparados con el fruto testigo E0 se observó una mínima diferencia para ambos tratamientos.

Cuadro 49: Análisis de varianza (ANVA) programa statgraphics

Centurión, factorial variación de vitamina C (mg/100 g) del mango en atmósfera modificada, ( $\alpha= 0.05$ )

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Envase	2,41652	1	2,41652	17,86	0,0001
B:temperatura	0,332113	1	0,332113	2,45	0,1223
C:Tiempo	14,7501	1	14,7501	109,03	0,0000
AA	4,54756	1	4,54756	33,61	0,0000
AB	0,787969	1	0,787969	5,82	0,0188
AC	0,532984	1	0,532984	3,94	0,0517
BC	1,13906	1	1,13906	8,42	0,0052
CC	0,0253125	1	0,0253125	0,19	0,6669
bloques	0,0776583	2	0,0388292	0,29	0,7515
Error total	8,25251	61	0,135287		
Total (corr.)	32,8618	71	CV= 1.09 %		

Cuadro 50: Efectos principales envase-temperatura sobre los promedios de la variación de vitamina C (mg/100g) del mango, a 1, 14, 21 y 28 días de conservación (tukey 0.05) (1)

FACTOR ENVASE	Promedio de variación de vitamina C	
	T1 8 °C	T2 10 °C
Testigo E0	3.06b	2.81c
LDPE M1	2.43c	2.84bc
LDPE M2	3.26a	3.52a
VC Tukey= 0,42		

- 1) En cada periodo de evaluación, promedios que tienen la misma letra son iguales, caso contrario son significativos

Cuadro 51: Valores obtenidos de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de pulpa) en el fruto testigo E0, LDPEM1, LDPEM2 a temperatura 1 (8°C) en atmósfera modificada.

<b>TEMPERATURA 1 ( 8 °C )</b>			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	3.48	3.36	3.94
día 14	3.32	3.3	3.58
día 21	2.86	2.04	2.68
día 28	2.61	1.03	2.84
<b>TOTAL</b>	<b>12.27</b>	<b>9.74</b>	<b>13.05</b>

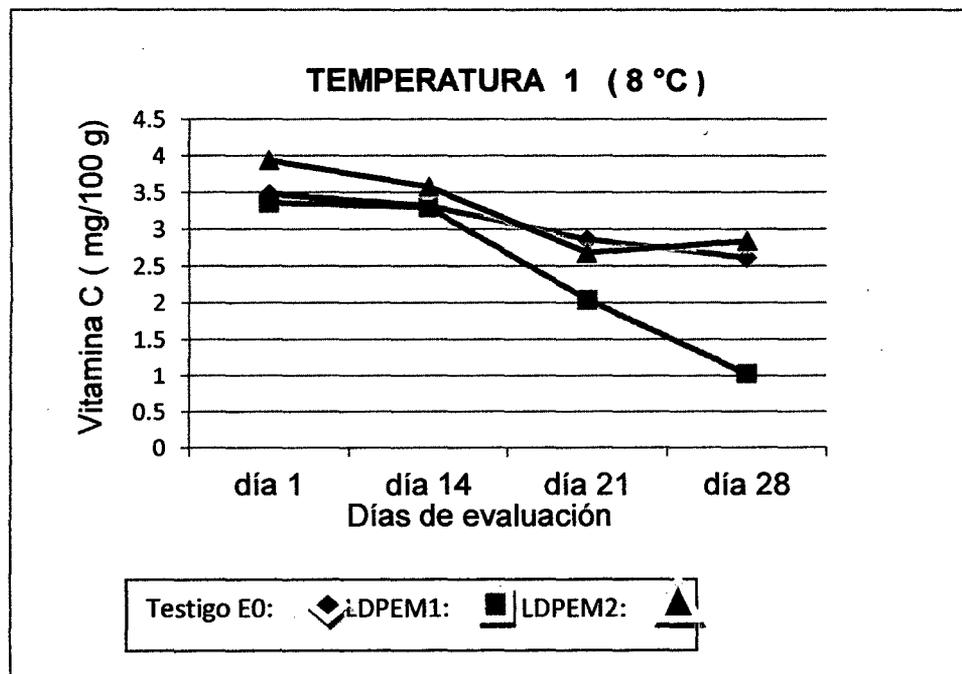


Gráfico 17: Relación envase-vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g de pulpa) a temperatura 1 (8 °C) en atmósfera modificada.

Cuadro 52: Valores obtenidos de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de pulpa) en el fruto testigo E0, LDPEM1, LDPEM2 a temperatura 2 (10°C) en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 2 ( 10 °C )			
Días	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	3.64	2.98	3.79
día 14	3.1	3.12	3.67
día 21	2.84	2.57	3.03
día 28	1.68	2.69	3.59
<b>TOTAL</b>	<b>11.26</b>	<b>11.36</b>	<b>14.08</b>

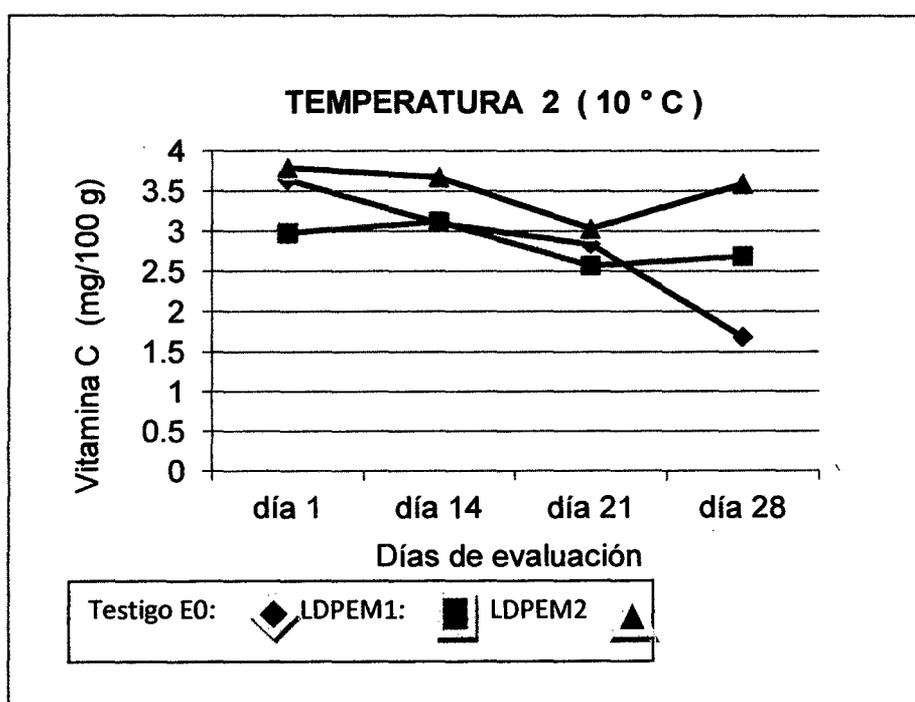


Gráfico 18: Relación envase-vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g de pulpa) a temperatura 1 (10 °C) en atmósfera modificada.

### 4.3 Análisis microbiológicos.

#### 4.3.1 Recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBMV)

Las pruebas se realizaron de acuerdo al procedimiento en el anexo 7

En el cuadro 53 y 54, se reporta los resultados de los análisis de bacterias aeróbicas mesófilas viables encontrados en el fruto del mango en atmósfera modificada. Los valores en envase LDPEM2 fueron negativos a ambas temperatura de conservación, mientras que en el testigo E0 y en LDPEM1 reportaron 2 ufc/g a temperatura 8 °C. Asimismo a temperatura 10 °C, el fruto testigo E0 y LDPEM1 reportó 2 ufc/g y 1 ufc/g respectivamente al final de la evaluación. Los resultados se encuentran por debajo de los límites permitidos por INTICTEC (1974).

Cuadro 53: Valores obtenidos de recuento total de bacterias aeróbicas mesófilas viables (RTBAMV) en el fruto testigo E0, de LDPEM1 y de LDPEM2 a temperatura 1 (8 °C), al término de la evaluación.

<b>TEMPERATURA 1 ( 8 °C )</b>			
<b>Evaluación</b>	<b>Testigo E0 ufc/g</b>	<b>LDPEM1 ufc/g</b>	<b>LDPEM2 ufc/g</b>
<b>día 28</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

Cuadro 54: Valores obtenidos de recuento total de bacterias aeróbicas mesófilas viables (RTBAMV) en el fruto testigo E0, de LDPEM1 y de LDPEM2 a temperatura 2 (10 °C) al término de la evaluación.

<b>TEMPERATURA 2 ( 10 °C )</b>			
<b>Evaluación</b>	<b>Testigo E0 ufc/g</b>	<b>LDPEM1 ufc/g</b>	<b>LDPEM2 ufc/g</b>
<b>día 28</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

#### 4.3.2 Numeración de mohos y levaduras.

Las pruebas se realizaron de acuerdo al procedimiento en el anexo 7

En los cuadros 55, se puede apreciar los resultados de la evaluación de mohos y levaduras en atmósfera modificada. A temperatura 8 °C los mohos y levaduras en fruto testigo E0 se reportó 150 ufc/g a los 28 días de evaluación y para LDPEM1 y LDPEM2 alcanzó hasta 29ufc/g y 25 ufc/g respectivamente.

En los cuadros 56, se puede apreciar los resultados de la evaluación de mohos y levaduras en atmósfera modificada. A temperatura 10 °C los mohos y levaduras en el fruto testigo E0 se reportó 190 ufc/g a los 28 días de evaluación y para LDPEM1 y LDPEM2 alcanzó hasta 31 ufc/g y 29 ufc/g respectivamente.

Los resultados se encuentran por debajo de los límites permitidos por INTICTEC (1974).

Cuadro 55: Valores obtenidos de mohos y levaduras en el fruto testigo E0, de LDPEM1, de LDPEM2 a temperatura 1 (8 °C), al término de la evaluación.

<b>TEMPERATURA 1 ( 8 °C )</b>			
<b>Evaluación</b>	<b>Testigo E0 ufc/g</b>	<b>LDPEM1 ufc/g</b>	<b>LDPEM2 ufc/g</b>
<b>día 28</b>	<b>15 x 10<sup>2</sup></b>	<b>29</b>	<b>25</b>

Cuadro 56: Valores obtenidos de mohos y levaduras en el fruto testigo E0, de LDPEM y LDPEM2 a temperatura 2 (10 °C), al término de la evaluación.

<b>TEMPERATURA 2 ( 10 °C )</b>			
<b>Evaluación</b>	<b>Testigo E0 ufc/g</b>	<b>LDPEM1 ufc/g</b>	<b>LDPEM2 ufc/g</b>
<b>día 28</b>	<b>19 x 10<sup>2</sup></b>	<b>31</b>	<b>29</b>

#### 4.3.3 Determinación de coliformes totales.

Las pruebas se realizaron de acuerdo al procedimiento en el anexo 7

En los cuadros 57 y 58, se observa los resultados obtenidos de coliformes totales en la pulpa de los frutos de mango en atmósfera modificada. A temperatura 8 °C y 10 °C, los coliformes totales reportaron negativo para todos los tratamientos en estudio. Los resultado de los límites permitidos por INTICTEC (1974) es menor a 10 ufc/g.

Cuadro 57: Valores obtenidos de coliformes totales en el fruto testigo E0, de LDPEM1 y LDPEM2 a temperatura 1 ( 8 °C ) , al término de la evaluación.

<b>TEMPERATURA 1 ( 8 °C )</b>			
<b>Evaluación</b>	<b>Testigo E0 ufc/g</b>	<b>LDPEM1 ufc/g</b>	<b>LDPE2 ufc/g</b>
día 28	0	0	0

Cuadro 58: valores obtenidos de coliformes totales en el fruto testigo E0, de LDPEM1 y LDPEM2 a temperatura 2 (10 °C) al término de la evaluación.

<b>TEMPERATURA 2 ( 10 °C )</b>			
<b>Evaluación</b>	<b>Testigo E0 ufc/g</b>	<b>LDPEM1 ufc/g</b>	<b>LDPEM2 ufc/g</b>
día 28	0	0	0

#### 4.4 Análisis sensorial.

En la evaluación, participaron 10 panelistas semi-entrenados, degustando las muestras de mango Testigo E0, fruto de envase LDPEM1 y LDPEM2 al final del tratamiento (28 días) según la escala hedónica de siete puntos (anexo 8).

El experimento organoléptico ha seguido el diseño de bloques completo al azar.

##### 4.4.1 Apariencia general

En la tabla VI se observa que los panelistas prefirieron una mayor gustación ligera (puntaje 5) a los frutos de mango variedad Kent envasados en LDPEM2 a tratamientos de 10 °C. Los frutos testigos E0 y de envase LDPEM1 con un valor promedio 4, no gusta ni disgusta a los panelistas.

En el cuadro 59 se indica el análisis de varianza de bloques donde se muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos y entre panelistas (prueba de F).

Tabla VI: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de la apariencia general del fruto del mango.

Panelista	Muestra (T 8 C)			Muestra ( 10 C			Total
	Testigo E0	LDPE M1	LDPE M2	Testigo E0	LDPE M1	LDPE M2	
1	5	5	5	4	5	5	29
2	4	5	5	3	4	4	25
3	4	5	5	4	5	5	28
4	5	5	6	5	5	6	32
5	5	5	5	4	5	5	29
6	3	4	4	3	4	5	23
7	5	5	6	5	6	6	23
8	4	5	5	4	5	5	28
9	3	4	5	5	5	5	27
10	3	5	4	4	5	5	26
Total	41	48	50	41	49	51	280
Promedio	4.1	4.8	5.0	4.1	4.9	5.1	4.46

Cuadro 59: Análisis de varianza (ANVA) para la apariencia general

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab (5%)
Tratamientos	5	10.133	2.026	9.565	5.02*
Panelistas	9	13.666	1.518	7.169	6.03*
Error	45	9.5333	0.211		
total	59	33.333	CV= 12.97%		

#### 4.4.2 Color.

En la tabla VII se observa que los panelistas prefirieron gustarle ligeramente (puntaje 5) a los frutos de mango variedad Kent envasados en LDPEM1 y LDPEM2 a tratamientos de 8 y 10 °C respectivamente. Los frutos testigo E0 los panelistas disgusta ligeramente

En el cuadro 60 se indica el análisis de varianza de bloques donde se muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos y no significativo entre panelistas (prueba de F).

Tabla VII: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica del color del fruto del mango.

Panelista	Muestra (T 8 C)			Muestra ( 10 C			Total
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	
1	5	5	6	4	5	6	31
2	3	5	5	4	5	5	27
3	3	5	6	3	5	5	25
4	4	5	5	5	5	6	31
5	3	5	5	3	5	6	27
6	4	5	5	4	5	5	28
7	3	5	5	5	6	6	30
8	4	4	6	5	5	5	29
9	3	5	6	5	6	6	31
10	5	6	6	3	5	6	31
Total	37	50	54	41	52	56	290
Promedio	3.7	5.0	5.4	4.1	5.2	5.6	4.83

Cuadro 60: Análisis de varianza (ANVA) para el color del fruto

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab (5%)
Tratamientos	5	28.93	5.786	15.872	6.03*
Panelistas	9	7	0.777	2.133	5.02 ns
Error	45	16.403	0.364		
total	59	52.333	CV= 12.49 %		

#### 4.4.3 Sabor.

En la tabla VIII se observa que los panelistas prefirieron gustarle moderadamente (puntaje 6) a los frutos de mango variedad Kent envasados en LDPEM1 a tratamientos de 10 °C seguido de los frutos en LDPEM2. El fruto testigo disgusta moderadamente.

En el cuadro 61 se indica el análisis de varianza de bloques donde se muestra que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos y no significativo entre panelistas (prueba F).

Tabla VIII: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica del sabor del fruto del mango.

Panelista	Muestra (T 8 C)			Muestra (10 C)			Total
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	
1	3	5	5	3	6	5	27
2	2	6	5	4	6	5	28
3	3	5	6	3	5	5	27
4	3	6	5	3	5	6	28
5	3	6	6	3	6	5	29
6	2	5	5	5	5	5	27
7	3	6	6	3	6	6	30
8	3	6	6	5	6	5	31
9	3	5	6	5	5	5	29
10	3	5	5	4	6	4	27
Total	28	55	55	38	56	51	283
Promedio	2.8	5.5	5.5	3.8	5.6	5.1	4.71

Cuadro 61 : Análisis de varianza ( ANVA) para el sabor

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab (5%)
Tratamientos	5	66.683	13.336	36.409	6.03**
Panelistas	9	3.016	0.335	0.915	5.02 ns
Error	45	16.483	0.366		
total	59	86.183	CV= 12.83 %		

#### 3.6.4.4 Olor.

En la tabla IX se observa que los panelistas prefirieron gustarle ligeramente (puntaje 5) a los frutos de mango variedad Kent envasados en LDPEM1 y LDPEM2 a tratamientos de 8 y 10 °C respectivamente. El fruto testigo E0 tiene puntaje 3 y 4.

En el cuadro 62 se indica el análisis de varianza de bloques donde se muestra que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos y no significativo entre panelistas (prueba F).

Tabla IX: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica del olor del fruto del mango.

Panelista	Muestra (T 8 C)			Muestra ( 10 C)			Total
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	
1	3	5	5	4	6	5	28
2	3	5	6	3	5	5	27
3	3	4	5	3	5	6	26
4	2	5	5	4	6	5	27
5	3	5	6	3	6	5	28
6	3	6	5	3	5	5	27
7	3	5	6	3	5	5	27
8	4	5	6	5	6	5	31
9	3	6	5	4	5	6	29
10	4	5	5	4	5	5	28
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>52</b>	<b>278</b>
<b>Promedio</b>	<b>3.1</b>	<b>5.1</b>	<b>5.4</b>	<b>3.6</b>	<b>5.4</b>	<b>5.2</b>	<b>4.63</b>

Cuadro 62: Análisis de varianza (ANVA) para el olor

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab (5%)
Tratamientos	5	51.333	10.266	33.802	6.03**
Panelistas	9	2.933	0.325	1.073	5.02 ns
Error	45	13.666	0.303		
total	59	67.933	CV= 11.89%		

### 3.6.4.5 Textura.

En la tabla X se observa que los panelistas prefirieron una mayor gustación ligera (puntaje 5) a los frutos de mango variedad Kent envasados en LDPEM1 y LDPEM2 a tratamientos de 10 °C.

En el cuadro 63 se indica el análisis de varianza de bloques donde se muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos y no significativo entre panelistas (prueba de F).

Tabla X: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de la textura del fruto del mango.

Panelista	Muestra (T 8 C)			Muestra ( 10 C			Total
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	
1	2	5	5	3	5	5	25
2	2	5	3	2	5	6	23
3	3	4	3	3	5	5	23
4	2	5	3	3	5	5	23
5	3	5	5	5	6	5	29
6	2	3	5	3	5	5	23
7	3	5	5	3	5	6	27
8	3	5	3	5	6	6	28
9	4	3	5	5	6	5	28
10	3	3	5	3	5	5	24
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>53</b>	<b>53</b>	<b>253</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.7</b>	<b>4.3</b>	<b>4.2</b>	<b>3.5</b>	<b>5.3</b>	<b>5.3</b>	<b>4.216</b>

**Cuadro 63: Análisis de varianza ( ANVA) para la textura**

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab (5%)
Tratamientos	5	51.683	10.336	16.924	6.03**
Panelistas	9	9.016	1.001	1.64	5.02 ns
Error	45	27.483	0.61		
total	59	88.183	CV= 18.52 %		

## V. CONCLUSIONES

A los 28 días de tratamiento a 10 °C en atmósfera modificada, los frutos almacenados en envases LDPEM1 espesor 40 micras (tipo zip lock) presentaron menores pérdidas de peso, acumulando 1.08 %, frente al fruto testigo E0 con 3.29% y en envase LDPEM2 espesor 60 micras (tipo zip lock) 1.23 %.

Con un nivel de significancia de Tukey de 5 % de los efectos de los tratamientos sobre la variación del color ( $\Delta E$ ) y a 28 días de almacenamiento (8°C), el fruto de envase LDPEM2 con 77.19, tiene mayor efecto significativo de diferencia total de color superando estadísticamente al fruto de envase LDPEM1 (66.21) y al fruto testigo E0 (61.33). Su variabilidad de ANVA fue de 5.09 %.

El envase LDPEM2 a 10 °C, afectó significativamente en el retraso del contenido de azúcares en el fruto de mango, culminó con 9.98% de sólidos solubles totales (°brix), mientras que en el testigo E0 pasó de 9.2 a 13.36 °brix y en LDPEM1 de 8.81 a 11.12 °brix. Periodo de almacenamiento 28 días.

El pH de los frutos en envase LDPEM1 culminó con un pH 4.2 en promedio, mientras que en el testigo E0 y LDPEM2 el pH se incrementó a más de 5, a temperatura 10 °C. En el análisis de varianza su coeficiente de variabilidad fue de 5.14 %

El mayor contenido de acidez tuvo el fruto en envase LDPEM1 y pasó de 1.85% a 1.07%, mientras que en el testigo E0 y en envase LDPEM2 pasaron de 1.32 a 0.977% y 1.85 a 0.69% a temperatura 10 °C al final del tratamiento de 28 días. Con coeficiente de variabilidad de 7.8 %.

A temperatura de almacenamiento de 10 °C los mayores contenidos de vitamina C en los frutos fue para envase LDPEM2, con 3.59 mg /100g de pulpa .Los frutos testigos alcanzaron 1.78 mg/100g de pulpa de mango al término de la evaluación. Estos resultados tienen variaciones menores, que confirman los autores y el nivel de examen que se aplica para detectar los contenidos de vitamina C en las frutas.

Los resultados de los análisis microbiológicos a los frutos de mango para todos los tratamientos estuvieron dentro de los límites aceptables por INTICTEC (1974).

Los frutos de envase LDPEM1 reportaron 2 ufc/g y 1 ufc/g , bacterias mesófilas viables (RTBAMV) a 8 °C y 10 °C, asimismo para envase LDPEM2 no se detectaron

Los frutos de envase LDPEM1 reportaron 25 y 31 ufc/g para mohos y levadura. El frutos de envase LDPE2 25 y 29 ufc/g a tratamiento de 8 °C y 10 °C respectivamente.

Los coliformes totales no estuvieron presentes en todos los tratamientos.

Al realizar el análisis organoléptico (28 días) los panelistas tuvieron una considerable aceptación para apariencia general del fruto de envase LDPEM2 con un puntaje 5 (me gusta ligeramente), asimismo el fruto en LDPEM1 y testigo E0 fue puntaje 4 (ni gusta ni disgusta). Tratamiento 10 °C.

En el análisis de varianza para apariencia general existe diferencia significativa entre tratamientos y panelistas, mientras que en el color, sabor, olor y textura existe diferencia significativa entre tratamientos y para panelistas resultaron no significativos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aplicar correctamente el tratamiento hidrotérmico en frutos, para evitar daños de escaldado y pérdida de la calidad durante su almacenaje.

Los materiales de envase utilizado en atmósfera modificada deben estar unidos a un adecuado manejo de frío durante el almacenaje, para evitar daños de turgencia y malformaciones organolépticas de los frutos a preservar.

Conocer el grado de madurez del fruto antes de ser recolectado y clasificarlo por daño mecánico, frío, sanidad u otros aspectos para el empleo de conservación en atmósfera modificada (AM.)

Desarrollar algunas técnicas de atmósfera modificada con otros tipos de envases permeables biodegradables que permitan comercializar frutas u hortalizas en equilibrio con el medio ambiente y permitan satisfacer las necesidades de los consumidores.

Aplicar el estudio del intercambio gaseoso de respiración de variedades de frutos y del tipo de recubrimiento en atmósfera modificada para prolongar su vida útil que permitan transportar a otros mercados con características de calidad aceptable.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brody (1996) Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. 1 era edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España p.95-98,119-127, 167,187-188.

Acosta, G. (1988) La problemática de los procesos post-cosecha en los productos agrícolas de exportación en fresco y sus necesidades de investigación. FUNDEAGRO Chiclayo p. 7

ADEX-AID (1993) Seminario Internacional del Mango. Características de las variedades más importantes del mango de Florida, Piura-Perú

Alarcón C.D. (1995) Métodos de conservación, encerado, embolsado y refrigerado en post-cosecha en mango. Universidad Nacional de Piura. p 72.

Ben Yehoshuacit. Soto. M. (1995) Bananos. Cultivos y Comercialización. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica p 422.

Cabello, J (2004) Estudio sobre el envasado de cítricos en atmósfera modificada. Enfoque de investigación para la Empresa Estornino Stda. Lima Perú. p. 6

Contreras Aran, Santiago (2012) Métodos estadísticos aplicados a la investigación. Manual de investigación SECA p 204-208

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit .Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. 1992. Manual de Exportación Frutas tropicales y hortalizas. pág. 34.

E.A.P Ingeniería Agroindustrial UNS (1990) Separata. Metodología para el análisis químico proximal pág.10-11,19-22

Flores (2000). Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Segunda edición .Unellez .Venezuela .pág.86-102.

FAO. (1987). Transporte aéreo de frutas y hortalizas frescas. Universidad Nacional de Chile. pag. 76.

Hallman. C.J. (2008) Tratamientos de cuarentena para mangos .El mango: La fruta de esta década Florida- EE.UU. pág. 3

Ljubica Galletti y Horst Berger (2006) Atmósfera modificada en fruto de pepino dulce .Investigación Centro de estudios post-cosecha (CEPOC), Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile p 1-30

Manuel Rodríguez y colaboradores 2002: CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Mango guía técnica. MAG. El Salvador pág. 1-12

Merling. G. (1994) La post-cosecha en productos frutícolas. Fisiología vegetal de las frutas programa de post-cosecha. Paraná – Brasil. pág. 15

Machado, C. (1993) Estudio de Conservación de Brócoli (variedad packman) Almacenado en Atmósfera Controlada. Tesis de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) Lima- Perú.pág.34

Ministerio de Agricultura y riego (1998) Compendio estadístico agrario. Edición 2 Lima-Perú. pág.122.

Norma Técnica Peruana (1975) ITINTEC 011.010. Frutos. Mangos. RD. N° 215-75 C.D.U. 634-441 pág.5.

Pantastico Er, B. (1984) Fisiología de la post-recolección, manejo y utilización de frutos y hortalizas tropicales y subtropicales. CECOSA. México pág.132.

Romero, F. et. al. (1996) Nuevas Tecnologías en la Conservación de Frutas y Hortalizas en Atmósfera Modificada. Primera edición. Editorial Mundi-prensa. Madrid-España pág.91-93.

Riquelme, F. et. al (1996) Estudio de la conservación de albaricoque en atmósfera modificada, influencia en la calidad. Primera edición. Editorial Mundi-prensa Madrid España pág.158

Ruber. C. (1994). El mango: Cultivo y manejo post-cosecha para la exportación .Maracay Venezuela .Boletín pág.43.

Rivera Abvíncula, Rodolfo. 2003. Tesis Universidad Nacional del Santa "Tratamiento hidrotérmico y encerado de chirimoya (Annona cherimolia)" pág. 164-167.

Reyes Castañeda (1985) Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas S.A. Cuarta reimpresión. Méxicopág.80-109

Sandoval C. V. (1970) Influencia del ethrel en la maduración artificial de frutos de mango. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Piura .p 15

Toledo, (1985) .Manejo post-cosecha de frutas y hortalizas para la exportación .1 era edición. Editorial Ollanta. Lima- Perú p 1-2.

USDA, APHIS, MAG/SENASA (1991) Tratamientos cuarentenarios para poder exportar mangos a los Estados Unidos. SENASA. pág.12.

Wills, R. H. et. Al (1992) .Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección .1era edición .Editorial Acribia S.A. Zaragoza España .pág. 27-28.

Yahia, E. et. al. (1992) Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. Primera edición .Grupo editores Noriega Limusa. México, pág. 115-138.

Zúñiga. V. F. (1989) Botánica sistemática. Universidad Nacional de Piura. Facultad de Agronomía Piura-Perú, pág. 112.

## REVISION DE PAGINA WEB

Aular, J .et. al. (1999) Efeito do tratamento hidrotérmico e da aplicação de fungicida sobre o comportamento pós-colheita de frutos de maracujá amarelo. In: Congresso Paulista de fitopatologia 21,UNESP. Jaboticabal p 132.

[http://pegasus.ucla.edu.ve/BIOAGRO/Bioagro%2013\(1\)/Efecto%20de%201a%20envoltura.htm](http://pegasus.ucla.edu.ve/BIOAGRO/Bioagro%2013(1)/Efecto%20de%201a%20envoltura.htm) (2001)(visita , febrero del 2013).

Ciro J. Arias, Julio Toledo (2000). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) pág.28

[http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s01.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s01.htm)visita febrero 2013

COLOMÉ, E. (1999). Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas. Alimentación. Equipos y tecnología nº 5. Junio 1999. Año XVIII. pág. 109-113.

[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/ensado.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/ensado.htm) visita 15-06-2014

Cedron Castillo, Rosita (2013).Mango Peruano .Pag. 2-3

<http://www.monografias.com/trabajos57/mango-peruano>.

García, Monses. Microbiología de los Alimentos.(2001) Editorial Acibia tercera edición Pág. 144-148

<http://www.ilustrados.com/tema/4077/Determinacion-indice-Bacterias-coliformes-totales-fecales.htm> visita 08-06-2014

Hunterlab. (2001) The basic of color perception and measurement. Versión 1.4

<http://www.hunterlab.com>

Lenin ovando (2005). Recomendaciones en el manejo de postcosecha para mango dela república dominicana Chemonics International informe pág. 56-57

<http://www.cedaf.org.do/centrodoc/ebook/poscosechamango.pdf>,  
visita 06 /06/ 2014

Manuel Rodríguez Cedillos Mauricio Guerrero Berríos Ricardo Sandoval 2002

Cultivo deMango. Guia técnica Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, pág.12.

[http://www.abcagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/mango4.asp](http://www.abcagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango4.asp)  
,visita 15-06-2014

Medlicott y Jeger, (1987).Citados por S. Briceño, J.Zambrano y otros.Calidad de los frutos de mango 'bocado', madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica .Trabajo de investigación Universidad de los Andes .Venezuela .pag 3

Papaseit, P. 1999. Flow-pack, de mano de un protagonista. Horticultura Internacional nº 25. pág. 88-89.

[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/envasado.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/envasado.htm) visita  
15-06-2014

Parry, R.T. 1995. Envasado de alimentos en atmósfera modificada. 331 pp.

[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/envasado.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/envasado.htm) visita 15-06-2014

Piringer, 2000. Postharvest technology Research and information center. Universidad de California Davis

[.http://postharvest.ucdavis.edu/..](http://postharvest.ucdavis.edu/)visita 03-07-2012

Sergio Bahamondez (2000) Microbiología de los productos Agroalimentarios Guía de prácticas Primera parte. Cámara Chilena de refrigeración y climatización, pág.138

[Lhttp://www.frioycalor.cl/80/tema4.html](http://www.frioycalor.cl/80/tema4.html) visita 30-06-2014

Sergio Giménez Bueno y Pedro Melgarejo Martínez( 2010) Envases plásticos para el envasado en atmósferas modificadas

<http://www.interempresas.net/Envase/Articulos/44932-Envases-plasticos-en-el-ensado-en-atmosfera-modificada.html>

Valdemayor(1979).Dodd *et al.*,(1997) Schoeman*et al.*, (1995) El cultivo del mangopag.7-12.

[https://www.google.com.pe/?gfe\\_rd=cr&ei=6dfLU76uK4y0sAeL24GYAQ&gws\\_rd=ssl#q=variedades+frutas+mangos+peru&start=20](https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=6dfLU76uK4y0sAeL24GYAQ&gws_rd=ssl#q=variedades+frutas+mangos+peru&start=20), visita02-02- 2013

Valeriani , R. (2003) Plan Estratégico de la Cadena Productiva de Mango en Piura. Ministerio de Agricultura.

Wolti-Chanes, F.-Balderas y otros.2005Métodos, criterios y modelación para la selección de películas plásticas en atmósferas modificadas..Universidad de las Américas, Puebla México .Segundo Simposio Internacional de Innovación y Desarrollo de Alimentos p 1-21

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWoltiMetodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWoltiMetodos.pdf)

Zagory. D. (1995) Principles and practice of modified-atmósphere packaging of horticultural commodities in: Farber JM, Dodds KL, Editors. Principles of modified-atmósphere and sous-vide product packaging Lancaster, PA: Technomic publishing Co Inc. p. 175-204.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Wills.R. et, al, (1999). Introducción a la fisiología y manipulación postcosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España pág.240.

Castañer, M. Gil, M.,; Ruiz ,V. and Artés, F . 1999. Browning susceptibility of minimal processed Baby and Romaine lettuces .Eur. Food Res .Technol. pág.52- 56

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

U.S. Food and Drug Administration ( 2001) Center for Safety and Aplised Nutricition Reduction / Elimination resign microbial in product fresh-cortex pág. 10,11

Beaudry, R.M. 1993. Effect of carbon dioxide partial pressure on blueberry fruit respiration and respiratory quotient. *Postharvest Biology and Technology*, pág. 3, 249 .

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWoltiMetodo](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWoltiMetodo)

Fonseca, S.C. Oliveira, F.A.R, Brecht, J.K 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*. pág. 52, 99 .

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Beaudry, R. M., Cameron, A.C., Shirazi, A., & Dostal – Lange, D.L. 1992. Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, pág. 117, 436 – 441.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Burzo, I. 1980. Influence of temperature level on respiratory intensity in the main Vegetables varieties. *Acta Horticulturae*, pág. , 61 – 64.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Brecht, J.K 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*. pág. 52, 99 .

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Church, N. 1994. Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. Trends in Food Science Technology. pág.5.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Davies, A.R. 1995. Advances in modified atmosphere packaging. In New Methods of Food Preservation. Blackie Academic Professional. Scotland. pág.304.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Del Valle, J.M., and Palma, M.T. 2002. Atmósferas controladas y modificadas en temas en tecnología de alimentos. Vol 1. CYTED. México. pág.89.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Emond, J.P, Castaigne, F., Toupin, C.J. y Desilets, D. 1991. Mathematical modeling if gas exchange in modified atmosphere packaging. Transactions of the ASAE., .pág.34.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Emond, J.P., Chau, K.V., y Brecht, J.K. 1993. Modeling respiration rates of blueberry in a perforation – generated modified atmosphere package. In g.D. Blanpied, J.A. Barstch, y J.R. Hicks (Eds.) Proceedings of the 6<sup>th</sup> international controlled atmosphere research conference .pág. 134,

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Brecht, J.K 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. Journal of Food Engineering. pág.52.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Fonseca, S.C. Oliveira, F.A.R, Brecht, J.K 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. Journal of Food Engineering. pág.52.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Francis, F.J. 1995. Quality as influenced by color. Food Quality and preference V 6 pág.14 Gavara, R. and Catalá, R. 2000. Mass transfer in food/plastic packaging systems. Symposium III. Mass Transfer 1. ICEF , Puebla, México. pág. 8

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Isenberg, F.M.R. 1979. Controlled atmosphere storage of vegetables. Horticultural Reviews, 1, 337-394. En Fonseca, S.C. Oliveira, F.A.R, Brecht, J.K 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. Journal of Food Engineering. pág.52.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Kader, A.A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. En Postharvest Technology of Horticultural Crops. Ed. A.A. Kader.. Publication 3311. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, California. pág.161.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Kader, A. A., Zagory, D. and Kerbel, E.L. 1989. Modified atmosphere packaging offruits and vegetables.C.R.C.Critical Reviews in Food Science and Nutrition.pág.28-30.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Kumins, C.A. 1965. Transport through polymers films. Journal of Polymer Science.pág.10,

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Lefaux,L.yTruhaut,L.1972.Lematieresplastiquesdansl'industrieari mentarie.PublicationsTechniques Asociés, Paris. 559. En Conservación de brócoli (*Brassicaoleracea*) bajo atmósferas modificadas con absorbedor de etileno. pág. 29

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

López-Galvez, G., El-Bassuoni, R., Nie, X., y Cantwell, M. 1997. Quality of red andgreen fresh – cut peppers stored in controlled atmposhpheres. In J.R. Gorny (Ed.),Proceedings of the international controlled atmosphere research conference: vol. 5pág.152 – 157.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Davis, CA, USA. En Fonseca, S.C. Oliveira, F.A.R, Brecht, J.K 2002.Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmospherepackages: a review.Journal of Food Engineering.pág., 99.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Lozada, J. D. 2001. Conservación de brócoli (*Brassicaoleracea*) bajo atmósferas modificadas con absorbedor de etileno. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla. pág.63.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Miller, K. S. And Krochta, J.M (1997) Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. Trends in Food Science and Technology. pág. 7, .

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Mitchell, F.G., and Kader, A.A. (1992). Postharvest treatments for insect control. En Postharvest Technology of Horticultural Crops. Ed. A.A. Kader.. Publication 3311. pág. 161 – 166

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Paine, F. A, and Paine, H.Y. 1983. A handbook of food packaging. Blackie Academic and Professional. London, U.K. pág. 296.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Pascat, B. 1986. Study of some factors affecting permeability. In Food Packaging and Preservation. Theory and Practice. Elsevier Applied Science Publishers, pág. 7 .

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Phillips, C.A. 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *International Journal of Food Science and Technology*. pág.31.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Piergiovanni, L. 1995. Il confezionamento in atmosfera modificata dei prodotti alimentari (2° parte). *Rivista Italiana Eppos*, pág.16

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Schlimme, D.V. and Rooney, M.L. 1993. Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In *minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman and Hall, New York. pág. 135.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Solomos, T. 1994. Some biological and physical principles underlying modified Atmosphere packaging. In *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. Ed by Wiley, R.C. Chapman & Hall, pág.39

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Talasila, P.C and Cameron, A.C. 1997. Prediction equations for gases in flexible modified atmosphere packages of respiring produce are different than those for rigid packages. *Journal of Food Science*, pág. 5.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Yam, K.L., y Lee, D.S. 1995.Design of modified atmosphere packaging for freshproduce.In Active Food Packaging. Blackie Academic. Scotland.pág.55.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Zagory, D. y Kader, A.A. 1988.Modified atmosphere packaging of fresh produce.Food Technol.pág. 9.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

Juan Carlos Rivera.2014 Asociación Peruana de Exportadores de Mango (APEM).Boletin.Andina.com.pe

[www.andina.com](http://www.andina.com)

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/resealable-zip-lock-fruit-bag-with-holes-for-grape-packaging-bags-904690595.html>

<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2005000400001&script=sciarttext> visita 08 06-2014

<http://www.poscosecha.com.premios2002/2p2002.html>.  
(febrero del 2004). Visita marzo del 2012

<http://www.monografias.com/trabajos46/produccion-mango/produccion-mango2.shtml#producc#ixzz2XL3ufoFT>.

Consulta  
febrero del 2010

## ANEXOS

## ANEXO1

### ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

#### CÁLCULO DE CONTROL DE LA PÉRDIDA DE PESO DEL FRUTO DEL MANGO

Pesar todos los frutos en una balanza, luego rotularla W1 desde el inicio y W2 final de la prueba.

$$\text{Pérdida de peso (g)} = w_1 - w_2$$

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100$$

Pesos promedios (g) del fruto de mango variedad Kent evaluados para atmósfera modificada

Días	Temperatura 1 8°			Temperatura 2 10 °C		
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
dia1	602.02	448.48	828.5	664.1	434.32	500.22
día 14	601.45	448.24	828.47	660.77	432.89	499.93
día 21	587.8	445.5	824.6	644.5	430.85	497
día 28	586.2	443.3	822,3	642.3	429.6	494
<b>TOTAL</b>	<b>2377.4</b>	<b>1785.52</b>	<b>3303.87</b>	<b>2611.67</b>	<b>1727.66</b>	<b>991.15</b>
Promed	594.36	446.38	825.96	652.91	431.91	497.78

TEMPERATURA 1 ( 8 °C )			
% Pérdida peso promedio-Días	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	0.001	0.0001	0.0001
día 14	0.09	0.05	0.003
día 21	2.26	0.61	0.46
día 28	0.27	0.49	0.27
<b>Total</b>	<b>2.62</b>	<b>1.15</b>	<b>0.733</b>

TEMPERATURA 2 ( 10 °C )			
%Pérdida peso promedio-Días	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	0.0002	0.001	0.001
día 14	0.5	0.09	0.05
día 21	2.46	0.7	0.58
día 28	0.33	0.29	0.6
<b>Total</b>	<b>3.29</b>	<b>1.08</b>	<b>1.23</b>

Porcentaje de pérdida de peso (g) en el fruto del mango a temperatura T1 (° 8 C), testigo E0

TEMPERATURA 1 ( 8 °C ) Testigo E0		
Días de evaluación	g	% de pérdida
día 1	602.02	0.001
día 14	601.45	0.09
día 21	587.8	2.26
día 28	586.2	0.27
Total de pérdida	15.82	2.62

Porcentaje de pérdida de peso (g) en el fruto del mango a temperatura T1 ( 8 °C ) , envase LDPEM1

TEMPERATURA 1 ( 8 °C ) LDPEM1		
Días de evaluación	g	% de pérdida
día 1	448.48	0.0001
día 14	448.24	0.05
día 21	445.5	0.61
día 28	443.3	0.49
Total de pérdida	5.18	1.15

Porcentaje de pérdida de peso (g) en el fruto del mango a temperatura T1 ( 8 °C), envase LDPEM2

TEMPERATURA 1 ( 8 °C ) LDPEM2		
Días de evaluación	g	% de pérdida
día 1	828.5	0.001
día 14	828.47	0.003
día 21	824.6	0.46
día 28	822.3	0.27
Total de pérdida	6.2	0.733

Porcentaje de pérdida de peso (g) en el fruto del mango a temperatura T2 ( 10 °C ) , testigo E0 .

TEMPERATURA 2 ( 10 °C ) Testigo E0		
Día	g	% de pérdida
1	664.1	0.0002
14	660.77	0.5
21	644.5	2.46
28	642.3	0.33
Total de pérdida	21.8	3.29

Porcentaje de pérdida de peso (g) en el fruto del mango a temperatura T2 ( 10 °C), envase E1

TEMPERATURA 2 ( 10 °C ) LDPEM1		
Dia	g	% de pérdida
1	434.32	0.001
14	433.89	0.09
21	430.85	0.7
28	429.6	0.29
Total de pérdida	4.72	1.08

Porcentaje de pérdida de peso (g) en el fruto del mango

a temperatura T2 ( 10 °C) ,envase E2

TEMPERATURA 2 ( 10 °C ) LDPEM2		
Dia	g	% de pérdida
1	500.22	0.001
14	499.93	0.05
21	497	0.58
28	494	0.6
Total de pérdida	6.22	1.23

Resultados de porcentajes de pérdida de peso (%) (2 réplicas) del fruto del mango, almacenado en atmósfera modificada envases zip lock

Días	TEMPERATURA 8 °C			TEMPERATURA 10 °C		
	Testigo E0	%LDPE M1	%LDPE M2	Testigo E0	%LDP EM1	LDPE M2
día 1	0.001	0.0001	0.0001	0.0002	0.001	0.001
	0.001	0.002	0.0001	0.0002	0.001	0.001
	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
día 14	0.09	0.05	0.003	0.5	0.09	0.05
	0.1	0.04	0.05	0.4	0.11	0.06
	0.09	0.06	0.01	0.6	0.08	0.04
día 21	2.26	0.61	0.46	2.46	0.7	0.58
	2.24	0.66	0.39	2.43	0.03	0.32
	2.28	0.56	0.54	2.49	0.12	0.84
día 28	0.27	0.49	0.27	0.33	0.29	0.6
	0.3	0.54	0.3	0.4	0.25	0.5
	0.24	0.44	0.24	0.26	0.33	0.7

## ANEXO 2

### CÁLCULO PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DEL COLOR ( $\Delta L^*$ ) DE LOS FRUTOS EN TRATAMIENTO

Resultados de lectura de luminosidad ( $\Delta L^*$ ) del fruto de mango  
en atmosfera modificada..

Días	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	55.01	57.49	57.34	53.43	65.93	63.15
día 14	55.21	55.29	50.19	54.09	68.63	60.6
día 21	49.25	52.73	63.82	50.56	52.34	57.02
día 28	47.89	50.17	64.14	48.34	54.17	58.48
<b>total</b>	<b>207.36</b>	<b>215.68</b>	<b>235.49</b>	<b>206.42</b>	<b>241.07</b>	<b>239.25</b>
promedio	51.84	53.92	58.87	51.6	60.26	59.81

Resultados de lectura de cromaticidad ( $\Delta a^*$ ) del fruto de mango en atmosfera modificada.

Días	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	-18.14	-17.94	-18.49	-14.59	-20.42	-17.14
día 14	-15.32	-17.72	-15.71	-12.06	-18.94	-16.48
día 21	-14.3	-16.96	-14.25	-12.34	-16.05	-15.2
día 28	-12.81	-16.81	-14.14	-12.01	-15.15	-14.98
<b>Total</b>	<b>-60.57</b>	<b>-69.43</b>	<b>-62.59</b>	<b>-51</b>	<b>-70.56</b>	<b>63.8</b>
Promedio	-15.14	-17.35	-15.64	-12.75	-17.64	-15.95

Resultados de lectura de cromaticidad ( $\Delta b^*$ ) del fruto de mango en atmosfera modificada.

Días	Temperatura 1 8 °C			Temperatura 2 10 °C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
dia1	26.92	29.14	30.14	27.95	30.1	27.49
día 14	29.46	31.88	33.63	27.15	32.16	30.13
día 21	33.75	36.27	39.02	31.84	38.03	37.31
día 28	36.12	39.81	40.56	35.46	39.98	39.42
<b>total</b>	<b>126.25</b>	<b>137.1</b>	<b>143.35</b>	<b>122.4</b>	<b>140.27</b>	<b>134.41</b>
promedio	31.56	34.27	35.83	30.6	35.06	33.6

Promedios resultados de la diferencia total del color ( $\Delta E^*$ )

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Días	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
Día 1	63.87	66.06	67.36	62.03	75.29	70.97
Día 14	64.42	66.23	62.42	61.71	78.12	69.65
Día 21	61.39	66.2	76.14	61.01	66.65	69.81
Día 28	61.33	66.21	77.19	61.14	69	72.13
TOTAL	251.01	264.7	283.11	245.89	289.06	282.56
promedio	62.55	66.2	70.66	61.33	71.91	70.43

Réplicas de la diferencia total del color ( $\Delta E^*$ )

Días	Temperatura1 8 C			Temperatura2 10 C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	63.87	66.06	67.36	62.03	75.29	70.97
	64	66.31	66.4	62.32	74.34	71.05
	63.74	65.81	68.32	61.74	76.24	70.89
	64.42	66.23	62.42	61.71	78.12	69.65
día 14	64.5	66.01	62.9	61.95	77.95	69.03
	64.34	66.45	61.94	61.47	78.29	70.27
	61.39	66.2	76.14	61.01	66.65	69.81
día 21	61.41	65.5	75.8	62.05	65.48	68.71
	61.37	66.9	76.48	59.97	67.82	70.91
	61.33	66.21	77.19	61.14	69	72.13
día 28	61.4	65.4	76.9	62.41	68.8	71.45
	61.26	67.02	77.48	59.87	69.2	72.81

### ANEXO 3

#### DETERMINACION DE LOS SOLIDOS SOLUBLES TOTALES (°brix) DE LOS FRUTOS EN TRATAMIENTO

Se tomaron muestras diluidas ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  ml) de la pulpa de mango y se hizo la lectura en el refractómetro marca Atago portable. Japón A.O.A.C (1975).

Resultados de promedios de porcentajes de sólidos solubles totales (° brix ) en el fruto de mango.

DIAS	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	9.08	9.32	9.41	9.2	8.81	9.9
día 14	10.12	9.14	9.55	10.3	9.04	9.13
día 21	10.02	9.38	10.21	11.22	10.15	10.11
día 28	12.62	11.28	10.03	13.36	11.12	9.98
<b>total</b>	<b>41.84</b>	<b>39.12</b>	<b>39.2</b>	<b>44.08</b>	<b>39.12</b>	<b>39.12</b>
<b>promedio</b>	<b>10.46</b>	<b>9.78</b>	<b>9.8</b>	<b>11.02</b>	<b>9.78</b>	<b>9.78</b>

Resultados de variación de porcentajes de sólidos solubles totales (°brix) (2 réplicas) del fruto del mango, almacenado en atmósfera modificada.

Días	TEMPERATURA 1 ( 8 °C)			TEMPERATURA 2 ( 10 °C)		
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	9.08 9.19 8.97	9.32 9.10 9.54	9.41 9.49 9.33	9.2 9.31 9.09	8.81 8.94 8.68	9.9 9.51 10.29
día 14	10.12 10.15 10.09	9.14 9.17 9.11	9.55 9.5 9.45	10.3 10.38 10.22	9.04 9.11 8.97	9.13 9.15 9.11
día 21	10.02 10.1 9.94	9.38 9.48 9.28	10.21 10.17 10.25	11.22 11.01 11.43	10.15 10.25 10.05	10.11 10.22 10
día 28	12.62 12.39 12.85	11.28 11.41 11.15	10.03 10.33 9.73	13.36 12.97 13.75	11.12 11.81 10.43	9.98 9.85 10.11

## ANEXO 4

### DETERMINACION DE pH DE LOS FRUTOS EN TRATAMIENTO

Se hizo las lecturas de las muestras utilizando el potenciómetro marca Hanna Instrument.Singapur.

Resultados de promedio de pH del fruto del mango, almacenado en atmósfera modificada.

Días	Temperatura1 8 °C			Temperatura2 10 °C		
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	4.08	3.94	4.15	4.2	4.02	3.95
día 14	4.52	4.19	4.8	4.18	4.15	4.41
día 21	4.78	4.53	5.2	5.1	4.63	5.05
día 28	4.58	4.54	4.85	5.4	4.2	5.23
Total	17.96	17.2	19	18.88	17	18.64
Promedio	4.49	3.3	4.75	4.72	4.18	4.66

Resultados de variación de pH (2 réplicas) del fruto del mango, almacenado en atmósfera modificada.

Días	TEMPERATURA 1 ( 8 °C )			TEMPERATURA 2( 10 °C		
	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	4.08	3.94	4.15	4.2	4.02	3.95
	4.11	4.1	3.92	4.4	3.88	4.01
	4.05	3.78	4.38	4.0	4.16	3.89
día 14	4.52	4.19	4.8	4.18	4.15	4.41
	4.5	4.21	4.84	4.19	4.14	4.42
	4.54	4.17	4.76	4.17	4.16	4.44
día 21	4.78	4.53	5.2	5.1	4.63	5.05
	4.6	4.29	5.3	5	4.54	5
	4.96	4.77	5.1	5.2	4.72	5.1
día 28	4.58	4.54	4.85	5.4	4.2	5.23
	4.48	4.55	4.75	5.3	4.3	5.24
	4.68	4.53	4.95	5.5	4.1	5.22

## ANEXO 5

### CÁLCULO PARA DETERMINAR LA ACIDEZ (% ácido málico) DEL FRUTO DEL MANGO

Se pesó 5 gramos de muestra (pulpa de mango) y se agregó 5 gotas de fenoltaleína al 1 % y se tituló con NaOH 0.1 N hasta coloración grosella (método AOAC ,1978).

Se anotó el volumen gastado y se realizó los cálculos según la relación:

$$\%AM = \frac{6.706 \text{ mg ácido málico}}{1 \text{ mlNaOH}} \times \frac{V}{W} \times 100$$

Dónde:

%AM= Porcentaje de ácido málico

V= Volumen gastado de NaOH 0.1 N gastado en la titulación en ml

W= Peso de la muestra

Resultados de los promedios de porcentajes de acidez (% ácido málico) del fruto de mango en atmosfera modificada

DIAS	Temperatura1 8 C			Temperatura2 10 C		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
dia 1	1.72	1.68	1.68	1.32	1.85	1.85
dia 14	1.4	1.4	1.31	1.26	1.34	1.53
dia 21	1.16	1.3	1.1	1.13	1.3	1.09
dia 28	1.16	0.86	0.63	0.97	1.07	0.69
total	5.44	5.24	4.72	4.68	5.56	5.16
promedio	1.36	1.31	1.18	1.17	1.39	1.29

Resultados de variación de acidez (% ácido málico) (2 réplicas) del fruto del mango, almacenado en atmósfera modificada.

Días	TEMPERATURA 1 (8 °C)			TEMPERATURA 2 (10 °C)		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2
día 1	1.72	1.68	1.68	1.32	1.85	1.85
	1.68	1.71	1.55	1.38	1.9	1.89
	1.76	1.65	1.81	1.26	1.8	1.81
día 14	1.4	1.4	1.31	1.26	1.34	1.53
	1.38	1.41	1.3	1.27	1.32	1.5
	1.42	1.39	1.32	1.25	1.36	1.56
día 21	1.16	1.3	1.1	1.13	1.3	1.09
	1.15	1.35	1.15	1.10	1.31	1.1
	1.17	1.55	1.05	1.16	1.29	1.08
día 28	1.16	0.86	0.63	0.97	1.07	0.69
	1.15	0.9	0.68	0.98	1.01	0.68
	1.17	0.78	0.58	0.96	1.04	0.7

## ANEXO 6

### CÁLCULO DE LA VITAMINA C ( mg /100 ml)

#### ESPECTROFOTOMETRÍA

##### Determinación de la curva estándar

Tomar 4 tubos de prueba, enumerarlos del I al IV y agregar lo siguiente:

I : 10 ml de agua destilada

II : 1 ml de ácido oxálico al 0.4 % + 9 ml de solución coloreada (DFIF)

III : 1 ml de ácido oxálico al 0.4 % + 9 ml de agua destilada

IV : 1 ml de E.T. 1 + 9 ml de solución coloreada.

E.T. (Estándar de trabajo) : Se toma alícuotas de 1,2,3,4 y 5 ml de ácido ascórbico al 0.1 % y llevar a volumen de 100 ml con una solución de ácido oxálico al 0.4 % . Estas soluciones enumeradas del 1 al 5 contendrán 1,2,3,4 y 5 mg de ácido ascórbico por 100 ml respectivamente.

Solución coloreada: Se pesa 12 mg de 2-6 diclorofenol-indolifenol (DFIF), disolver en 1000 ml de volumen con agua destilada (en refrigeración y en frasco oscuro).

Hacer las lecturas de la absorbancia en espectrofotómetro 520 nm.

Ajustar a cero la absorbancia usando I

Leer la absorbancia del tubo II ( $L_1$ )

Ajustar a cero la absorbancia del III

Leer la absorbancia del tubo IV (L<sub>2</sub>)

Construir la curva estándar con las concentraciones de E.T. ( mg/100ml) en la absisa y la absorbancia (L<sub>1</sub> - L<sub>2</sub>)

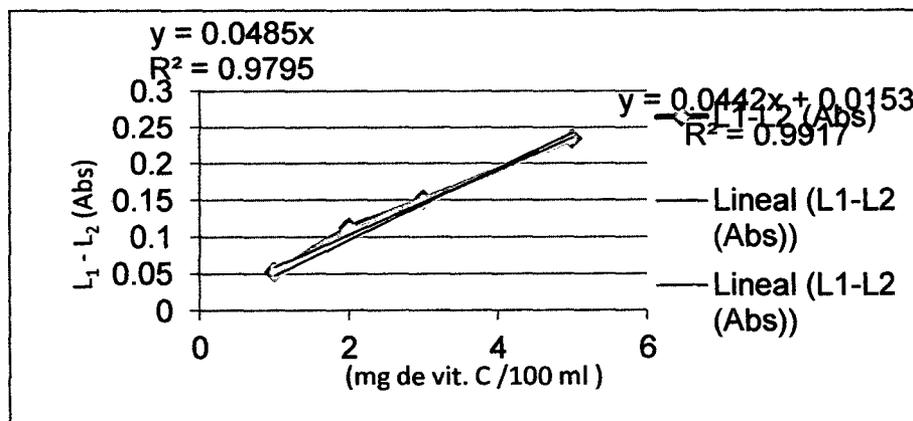
### RESULTADOS DE LA CURVA ESTANDAR

Prueba espectrofotométrico a 520 nm

Concentración(mg/100ml) Eje x	L1-L2 (Abs) Eje y
1	0.052
2	0.1121
3	0.1503
5	0.233

Pendiente (a)	0.0442
CONSTANTE (b)	0.0153
R <sup>2</sup>	0.9917

Modelo de la función de la curva estándar



### Vitamina C para la muestra

Se macera 5 g de muestra de pulpa de mango con 35 ml de ácido oxálico al 0.4 % luego filtrar.

Determinar  $L_1$

En el tubo III se colocó 1 ml de muestra + 9 ml de agua destilada y se ajusta a cero la absorbancia

En el tubo IV se coloca 1 ml de muestra + 9 ml de solución coloreada y registrar la absorbancia  $L_2$

Calcular  $L_1 - L_2$  y obtener la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) a partir de la curva estándar.

Hacer las lecturas de la absorbancia en espectrofotómetro 520 nm.

### RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA VITAMINA C

Valores obtenidos la vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g) en el fruto de mango a temperatura 8 °C y 10 °C, día 1.

Día de evaluación 1 (8 °C)				
Factor	$L_1$	$L_2$	Eje Y ( $L_1 - L_2$ )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.2693	0.1012	0.1681	3.48
LDPEM1	0.8545	0.6916	0.1629	3.36
LDPEM2	0.9714	0.7831	0.1883	3.94
Día de evaluación 1 (10 °C)				
Factor	$L_1$	$L_2$	Eje Y ( $L_1 - L_2$ )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.9110	0.7359	0.1751	3.64
LDPEM1	0.8258	0.7122	0.1461	2.98
LDPEM2	0.9436	0.7619	0.1817	3.79

Valores obtenidos de vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g)  
 en el fruto de mango a temperatura 8 °C y 10 °C, día 14.

Día de evaluación 14 (8 °C)				
Factor	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Eje Y (L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.1005	0.1614	0.1614	3.32
LDPEM1	0.8714	0.7112	0.1602	3.3
LDPEM2	0.9267	0.7542	0.1725	3.58
Día de evaluación 14 (10 °C)				
Factor	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Eje Y (L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.3217	0.1611	0.1606	3.31
LDPEM1	0.2980	0.1458	0.1522	3.12
LDPEM2	0.9356	0.7592	0.1764	3.67

Valores obtenidos la vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g )  
 en el fruto de mango a temperatura 8 °C y 10 °C, día 21.

Día de evaluación 21 (8 °C)				
Factor	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Eje Y (L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.2451	0.1040	0.1411	2.86
LDPEM1	0.8232	0.7183	0.1051	2.04
LDPEM2	0.8418	0.7087	0.1331	2.68
Día de evaluación 21 (10 °C)				
Factor	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Eje Y (L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.8804	0.7040	0.1401	2.84
LDPEM1	0.8696	0.7416	0.1280	2.57
LDPEM2	0.8821	0.7338	0.1483	3.03

Valores obtenidos la vitamina C (mg de ácido ascórbico / 100 g) en el fruto de mango a temperatura 8 °C y 10 °C, día 28.

Día de evaluación 28 (8 °C)				
Tipo de envase	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Eje Y (L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.2336	0.1070	0.1266	2.61
LDPEM1	0.8101	0.7494	0.0607	1.03
LDPEM2	0.8804	0.7403	0.1401	2.84
Día de evaluación 28 (10 °C)				
Tipo de envase	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Eje Y (L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> )	Eje X Vitamina C (mg/100 ml)
Testigo E0	0.7694	0.6805	0.0889	1.68
LDPEM1	0.418	0.7086	0.1332	2.69
LDPEM2	0.9641	0.7912	0.1729	3.59

Resultados de variación de vitamina C ( mg de ácido ascórbico / 100 g) (3 réplicas) del fruto del mango, almacenado en atmósfera modificada.

TEMPERATURA 1 ( 8 °C )				TEMPERATURA 2 (10°C )		
Días	Testigo E0	LDPE1	LDPE2	Testigo E0	LDPE1	LDPE2
día 1	3.48 3.4 3.56	3.36 3.31 3.41	3.94 3.97 3.91	3.64 3.38 3.9	2.98 3.01 2.95	3.79 3.5 4.08
día 14	3.32 3.35 3.29	3.3 3.31 3.29	3.58 3.54 3.62	3.1 3.11 3.09	3.12 3.14 3.1	3.67 3.66 3.68
día 21	2.86 2.81 2.91	2.04 2.09 1.99	2.68 2.69 2.67	2.84 2.8 2.88	2.57 2.58 2.56	3.03 3.05 3.01
día 28	2.61 2.58 2.64	1.03 1.05 1.01	2.84 2.86 2.82	1.68 1.66 1.7	2.69 2.58 2.8	3.59 3.3 3.88

## ANEXO 7

### PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables (RTBAMV)

Se diluye 10 g muestra en un matraz en 90 ml de solución fisiológica ( $10^{-1}$ )

De la dilución  $10^{-1}$  se extrajo 10 ml y se añadió a otro matraz con 90 ml de solución fisiológica ( $10^{-2}$ ). Luego se extrae de esta dilución 10 ml y añadir a un último matraz con 90 ml de solución fisiológica para obtener  $10^{-3}$ . En condiciones de asepsia.

Se procede a sembrar asépticamente en las placas petri, esterilizadas previamente, depositando 1 ml de dilución por placa, una repetición y dos placas sin cultivo (blanco).

Agregar 15 ml de agar Plate Count, previamente esterilizado y enfriado a 45 °C.

Homogenizar la mezcla por agitación manual y dejar enfriar hasta que solidifique.

Invertir las placas e incubar a 37 °C por 48 horas.

Hacer el recuento de las colonias desarrolladas.

### Determinación de mohos y levaduras

Se realiza el mismo procedimiento de dilución de la muestra de RTBAMV ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ).

Se procede a sembrar asépticamente en placas petri, esterilizadas previamente, depositando 1ml de dilución por placa, una repetición y dos placas sin cultivo (blanco).

Agregar 15 ml de Agar Saboraud Dextrosa, previamente esterilizado y enfriado a 45 °C.

Homogenizar la mezcla por agitación manual y dejar enfriar hasta que solidifique.

Invertir las placas e incubar a medio ambiente por 48 horas.

Hacer el recuento de las colonias desarrolladas.

### Determinación de coliformes totales

Se realiza el mismo procedimiento de dilución de la muestra de RTBAMV ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ).

Se procede a agregar de las diluciones preparadas a tres tubos de ensayo que contienen 9 ml de Caldo Verde Brillante Bilis.

Incubar a 37 °C por 48 horas.

Observar y anotar el número de tubos que presentaron formación de gas hasta 2/3 partes de la campana. Para este caso se declara positivo.

Ir a la tabla y determinar el número más probable de coliformes totales.

## ANEXO 8

### ESCALA HEDÓNICA

DESCRIPCION	PUNTAJE
Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta ligeramente	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

Formato de evaluación sensorial - escala hedónica

Valores de calidad	Muestra ( t 8 °C)			Muestra ( t 10 °C)		
	Testigo E0	LDPEM1	LDPEM2	TestigoE0	LDPEM1	LDPEM2
<u>APARIENCIA GENERAL</u> 7= Me gusta mucho 6= Me gusta 5= Me gusta ligeramente 4= Ni me gusta ni me disgusta 3= Me disgusta ligeramente 2= Me disgusta 1= Me disgusta mucho						
<u>COLOR</u> 7= Me gusta mucho 6= Me gusta 5= Me gusta ligeramente 4= Ni me gusta ni me disgusta 3= Me disgusta ligeramente 2= Me disgusta 1= Me disgusta mucho						
<u>SABOR</u> 7= Me gusta mucho 6= Me gusta 5= Me gusta ligeramente 4= Ni me gusta ni me disgusta 3= Me disgusta ligeramente 2= Me disgusta 1= Me disgusta mucho						
<u>OLOR</u> 7= Me gusta mucho 6= Me gusta 5= Me gusta ligeramente 4= Ni me gusta ni me disgusta 3= Me disgusta ligeramente 2= Me disgusta 1= Me disgusta mucho						
<u>TEXTURA</u> 7= Me gusta mucho 6= Me gusta 5= Me gusta ligeramente 4= Ni me gusta ni me disgusta 3= Me disgusta ligeramente 2= Me disgusta 1= Me disgusta mucho						

Observaciones:

---



---

## ANEXO 9

Valores de la amplitud total (q) Tukey para  $\infty$  (nivel 5%), según el número de tratamientos (t) y los grados de libertad (n')

GI	Número de tratamientos												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	17.9	26.98	32.82	37.08	40.41	43.12	45.4	47.36	49.07	50.59	51.96	53.2	54.33
2	6.08	8.33	9.8	10.88	11.74	12.44	13.03	13.54	13.99	14.39	14.75	18.08	15.38
3	4.5	5.91	6.82	7.5	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.6	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52
5	3.64	4.6	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.8	6.99	7.17	7.32	7.47	7.6
6	3.46	4.34	4.9	5.3	5.63	5.9	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	5.82	6.16	6.3	6.43	6.55	6.66
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.4	5.6	6	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39
9	3.2	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.77	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.3	5.59	5.6	5.72	5.83	5.93	6.03
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.2	5.46	5.49	5.61	5.71	5.81	5.9
12	3.08	3.77	4.2	4.51	4.75	4.95	5.12	5.35	5.39	5.51	5.61	5.71	5.8
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.27	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71
14	3.03	3.7	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.19	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.2	5.31	5.4	5.49	5.57
16	3	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.9	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52
17	2.98	3.63	4.02	4.3	4.52	4.7	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47
18	2.97	3.61	4	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39
20	2.95	3.59	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.9	5.01	5.11	5.2	5.28	5.36
24	2.92	3.53	3.9	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.1	5.18	5.25
30	2.89	3.49	3.85	4.1	4.3	4.46	4.6	4.72	4.82	4.92	5	5.08	5.15
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	4.82	4.9	4.98	5.04
60	2.83	3.4	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73	4.81	4.88	4.94
120	2.8	3.36	3.68	3.92	4.1	4.24	4.36	4.47	4.56	4.64	4.71	4.78	4.94
inf	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55	4.62	4.68	4.74

## ANEXO 10

Esquema de diseño factorial (multinivel). Programa statgraphics Centurión para el ANVA de resultados estadísticos. Una prueba más 2 réplicas.

Envase	Temperatura	Tiempo	Peso	Color	Brix	pH	Acidez
1	-1,0	-1,0	-1,0				
2	0,0	-1,0	-1,0				
3	1,0	-1,0	-1,0				
4	-1,0	1,0	-1,0				
5	0,0	1,0	-1,0				
6	1,0	1,0	-1,0				
7	-1,0	-1,0	0,333333				
8	0,0	-1,0	0,333333				
9	1,0	-1,0	0,333333				
10	-1,0	1,0	0,333333				
11	0,0	1,0	0,333333				
12	1,0	1,0	0,333333				
13	-1,0	-1,0	0,333333				
14	0,0	-1,0	0,333333				
15	1,0	-1,0	0,333333				
16	-1,0	1,0	0,333333				
17	0,0	1,0	0,333333				
18	1,0	1,0	0,333333				
19	-1,0	-1,0	1,0				
20	0,0	-1,0	1,0				
21	1,0	-1,0	1,0				
22	-1,0	1,0	1,0				
23	0,0	1,0	1,0				
24	1,0	1,0	1,0				
25	-1,0	-1,0	-1,0				
26	0,0	-1,0	-1,0				
27	1,0	-1,0	-1,0				
28	-1,0	1,0	-1,0				
29	0,0	1,0	-1,0				
30	1,0	1,0	-1,0				
31	-1,0	-1,0	0,333333				
32	0,0	-1,0	0,333333				
33	1,0	-1,0	0,333333				
34	-1,0	1,0	0,333333				
35	0,0	1,0	0,333333				
36	1,0	1,0	0,333333				
37	-1,0	-1,0	0,333333				
38	0,0	-1,0	0,333333				
39	1,0	-1,0	0,333333				
40	-1,0	1,0	0,333333				

Legenda: Ingreso de datos

Envase (A): código -1, 0, 1

-1= Fruto testigo, 0= Fruto en LDPEM1, 1= Fruto en LDPEM2

Temperatura (B): código -1,1                      -1= 8 °C, 1= 10 °C

Tiempo (C) : Código -1, -0.333..., 0.333..., 1

-1=Día 1,    -0.333...=Día 14,    0.333...= Día 21,    1= Día 28

ANEXO 11

Aseptic zip lock bolsa de envases de plástico para frutas

Material: PE	Uso industrial: Agricultura	Uso: Frutas
Característica: Disponible	Dirección superficial: printed	Aislamiento y manija: Sellado caliente
Orden Personalizado	Lugar del origen: China (Continental)	Marca: kinshun
Número de Modelo: JSZB001	nombre: Aseptic zip lock bolsa de envases de plástico para frutas	material: pe, también puede producir otro material
tamaño: 4"*4",el tamaño se puede personalizar a sus necesidades	color: claro, se pueden imprimir muchos colores por sus necesidades	superficie: palabras o patrones claros
espesor: 0.04mm	característica:, no tóxico, reciclable, respetuoso del medio ambiente	estilo: zip lock
MOQ: 50000 piece	aplicación: comida, verduras, pan, bocadillo, etc	

### Aseptic zip lock bolsa de envases de plástico para frutas

<b>Material:</b>	100% pe materias primas o de otro material
<b>Tipo:</b>	con cierre zip lock de frutas bolsa con agujeros de uva para bolsas
<b>Tamaño:</b>	W 30cm*I 21cm*+10.5cm escudete inferior
<b>De espesor:</b>	0.06mm( 60microns) para pe material en bruto
<b>De impresión:</b>	De el logotipo de su bienvenida y hasta 10 colores en ambos lados y el uso de placas de cobre de impresión
<b>El uso industrial:</b>	De uva, fresa, litchi chinensis, yangtao, níspero, de limón, o de embalaje de hortalizas

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/resealable-zip-lock-fruit-bag-with-holes-for-grape-packaging-bags-904690595.html>

## ANEXO 12

### TOMAS FOTOGRÁFICAS

Plantaciones de mango en pre-cosecha (Valle de Casma) 7 feb  
2014



Fotografía 1

## Tratamiento hidrotérmico de los frutos del mango



Fotografía 2

Rotulación de los frutos de mango en envases LDPEM1 y LDPEM2 y el fruto testigo (E0), para conservación en atmósfera modificada (AM) pasiva



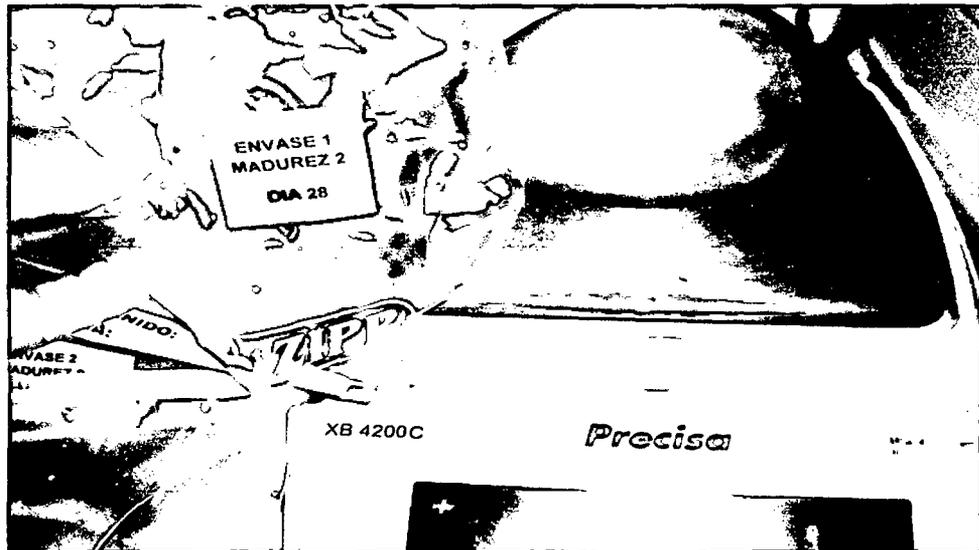
Fotografía 3

Control de pérdida de peso de los frutos de mango (variedad Kent) en AM pasiva



Fotografía 4

## Control de peso del fruto del mango

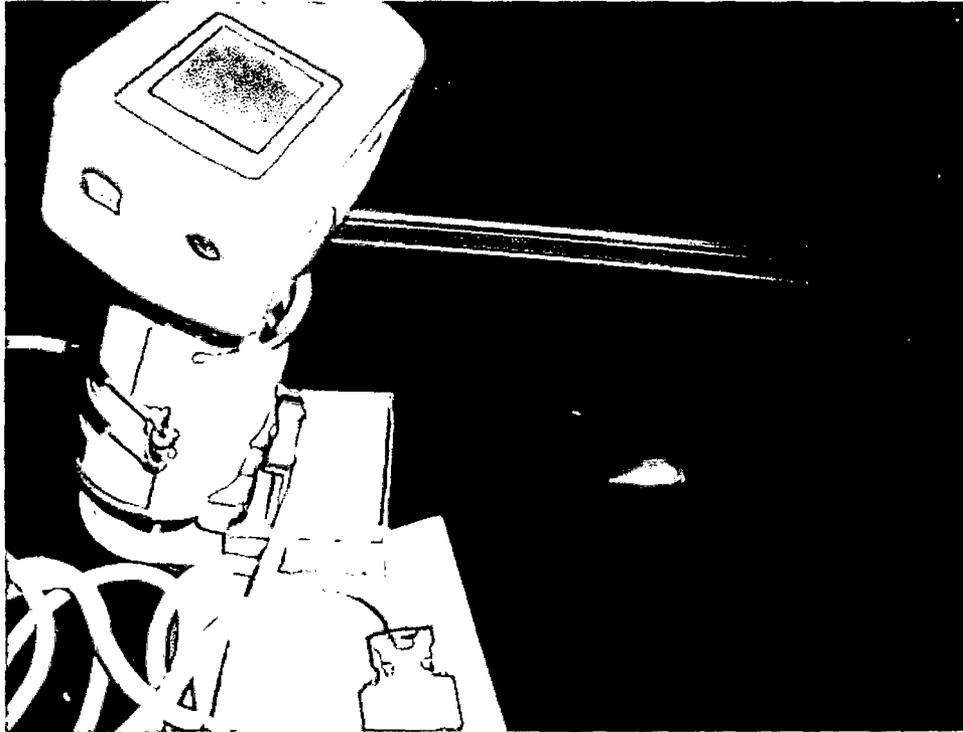


Fotografía 5



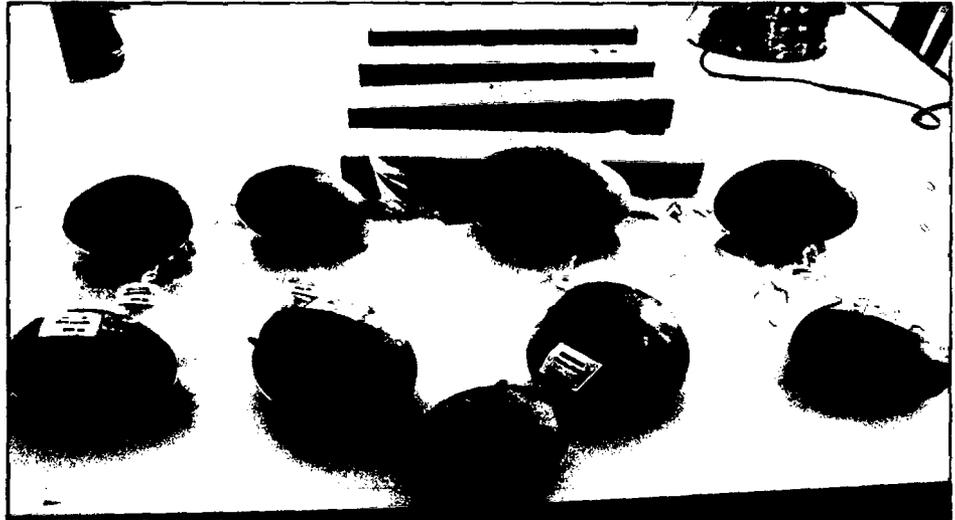
Fotografía 6

Fotocolorímetro C-400 Minolta para prueba del color



Fotografía 7

**Marcado de frutos para prueba colorimétrica**



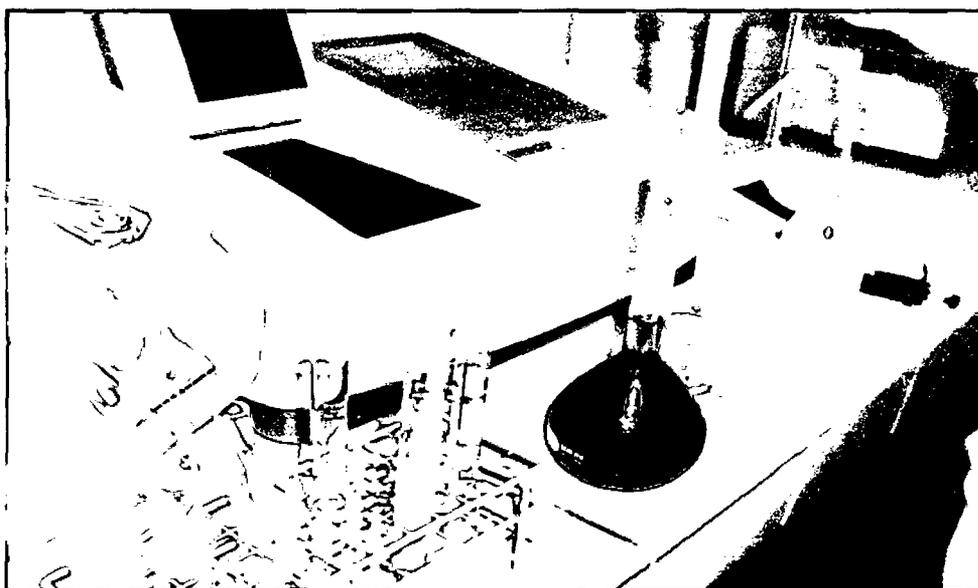
**Fotografía 8**

**Equipo de medición del pH**



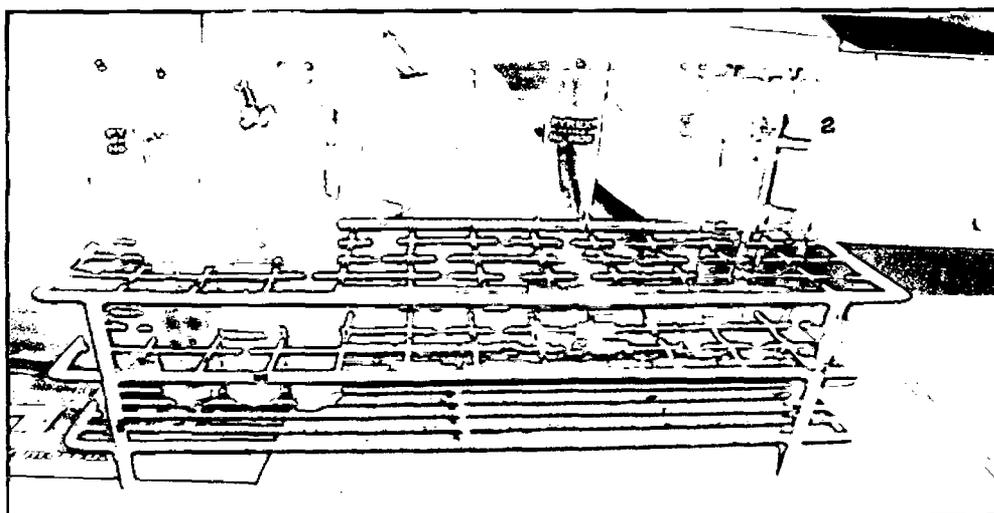
**Fotografía 9**

Equipo espectrofotométrico UNICO 350-1100 nm  
para la medición de vitamina C



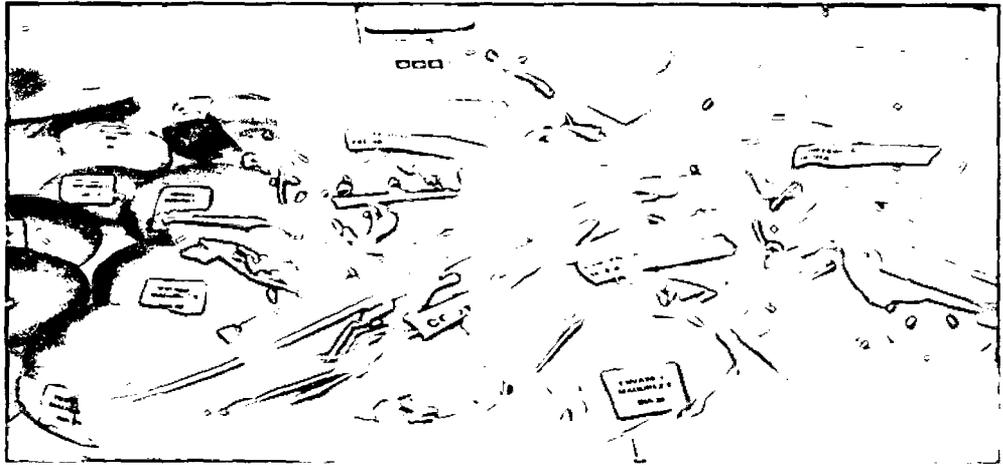
Fotografía 10

Determinación de vitamina C



Fotografía 11

Término del tratamiento de conservación de mangos en atmósfera modificada (28 días)



Fotografía 12

Prueba microbiológica



Incubadora para bacterias mesofilas viables y coliformes.

Fotografía 13

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**OFICINA CENTRAL DE INVESTIGACIÓN**

**“CATALOGO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – TIPRO”**

**Resolución N° 1562 – 2006 – ANR**

**REGISTRO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **I. DATOS GENERALES:**

**UNIVERSIDAD:** UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

**ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL:** INGENIERIA  
AGROINDUSTRIAL.

**TITULO DEL TRABAJO:** “CONSERVACIÓN DE MANGO (mangifera  
indica L.) ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA”

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN:**

**AUTOR:**

- DNI: 32951200 RAÚL ELADIO VILLANUEVA QUIJANO

**TITULO PROFESIONAL A QUE CONDUCE:** INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL

**AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN:** 2014

## **II. CONTENIDO DEL RESUMEN**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

Actualmente el fruto del mango en el Perú tiene gran importancia de cultivo y se refleja en los valles del alto Piura (San Lorenzo), Lambayeque (Motupe), Lima (Huaral) y el valle de Casma. Sin embargo debido al manejo postcosecha de este fruto, y seguido de tratamiento hidrotérmico para su exportación reducen la calidad de frescura del producto. La demanda actual de los mercados es cada vez más exigente en la calidad de los productos hortícolas frescos, por tal motivo es imprescindible la aplicación de tecnologías postcosecha que permitan el mantenimiento por un tiempo más prolongado de la calidad. Las mermas postcosecha incluyen aquellas de origen tecnológico, al deterioro de agentes biológicos microbiológicos y mecánicos. Las principales medidas disponibles para reducir estas pérdidas postcosecha están relacionadas con el control de las condiciones de almacenamiento y de manipuleo. El factor ambiental más importante es la temperatura, debido a que la velocidad de deterioro postcosecha se ve afectada por la misma. Las bajas temperaturas seguidas de almacenamiento en atmósfera modificada han permitido difundir un control más adecuado del producto. Asimismo el empleo de películas poliméricas permeables se han desarrollado con el propósito de controlar lotes para expendio de frutas frescas de almacenamiento con calidad aceptable al consumidor final.

Dentro de este marco de estudio es conveniente emplear esta técnica de atmósfera modificada y reducir la incidencia de los desórdenes fisiológicos, alteraciones microbianas y deterioros químicos de las frutas poscosecha. Se originan cambios en las características organolépticas del fruto. Se ofrece una alternativa

viable que permita mantener los alimentos en buen estado de conservación.

Dado las perspectivas de estudio ¿se puede mantener mejores condiciones favorables para conservar el fruto del mango en atmosfera modificada, utilizando material de envase polietileno de baja densidad (zip lock) codificado, LDPEM1 y LDPEM2, espesores de 40 y 60 micras respectivamente?

## OBJETIVOS

El objetivo de la presente tesis fue evaluar el comportamiento postcosecha del mango variedad Kent envasado en atmósfera modificada pasiva, utilizando material de envase polietileno de baja densidad, permeable (zip lock) espesores de 40 y 60  $\mu\text{m}$  a temperatura de refrigeración (8 °C y 10 °C).

## HIPOTESIS:

Mediante el uso de la técnica de atmósfera modificada pasiva y el empleo de material polietileno de baja densidad, permeable 40  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$  de espesor tipo zip lock a temperatura de refrigeración se logra prolongar su vida útil de almacenamiento del fruto de mango fresco.

## MARCO TEORICO

El envasado en atmósfera modificada consiste en crear un ambiente con baja concentración de  $\text{O}_2$  y alta de  $\text{CO}_2$  dentro del empaque. El uso de películas de empaque hace posible la modificación de la composición de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  de la atmósfera que rodea los productos frescos de manera individual, sin tener que controlar todo un lote. La atmósfera modificada puede obtenerse por modificación activa o pasiva, en la activa, la atmósfera se modifica durante el empacado generalmente por inyección de una mezcla de gases a una composición dada y en la pasiva la permeabilidad en

(O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno y vapor de agua) de las películas y la respiración del producto permitirá la creación de una atmósfera de equilibrio. Church (1994).

Toda la línea de bolsas Ziploc de SC Johnson utiliza polietileno lineal de baja densidad (LLDPE, por sus siglas en inglés) como materia prima tanto para la bolsa y para su cierre. El LLDPE es un tipo de polímero plástico. El polímero tiene una alta resistencia a la tensión, lo que significa que puede soportar altos grados de fuerza. También resiste muy bien las roturas y pinchaduras, por lo que es muy útil como película protectora. Alrededor del 80 por ciento de todo el LLDPE producido forma parte del envasado de los alimentos y no alimentos, películas extensibles y películas retráctiles.

#### CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES:

##### CONCLUSIONES

A los 28 días de tratamiento a 10 °C en atmósfera modificada, los frutos almacenados en envases LDPEM1 espesor 40 micras (tipo zip lock) presentaron menores pérdidas de peso, acumulando 1.08 %, frente al fruto testigo E0 con 3.29% y en envase LDPEM2 espesor 60 micras (tipo zip lock) 1.23 %.

Con un nivel de significancia de Tukey de 5 % de los efectos de los tratamientos sobre la variación del color ( $\Delta E$ ) y a 28 días de almacenamiento (8°C), el fruto de envase LDPEM2 con 77.19, tiene mayor efecto significativo de diferencia total de color superando estadísticamente al fruto de envase LDPEM1 (66.21) y al fruto testigo E0 (61.33). Su variabilidad de ANVA fue de 5.09 %.

El envase LDPEM2 a 10 °C, afectó significativamente en el retraso del contenido de azúcares en el fruto de mango, culminó con 9.98% de sólidos solubles totales (°brix), mientras que en el testigo

E0 pasó de 9.2 a 13.36 °brix y en LDPEM1 de 8.81 a 11.12 °brix. Periodo de almacenamiento 28 días.

El mayor contenido de acidez tuvo el fruto en envase LDPEM1 y pasó de 1.85% a 1.07%, mientras que en el testigo E0 y en envase LDPEM2 pasaron de 1.32 a 0.977% y 1.85 a 0.69% a temperatura 10 °C al final del tratamiento de 28 días. Con coeficiente de variabilidad de 7.8 %.

A temperatura de almacenamiento de 10 °C los mayores contenidos de vitamina C en los frutos fue para envase LDPEM2, con 3.59 mg /100g de pulpa .Los frutos testigos alcanzaron 1.78 mg/100g de pulpa de mango al término de la evaluación. Los resultados de los análisis microbiológicos a los frutos de mango para todos los tratamientos estuvieron dentro de los límites aceptables por INTICTEC (1974).

En el análisis de varianza para apariencia general existe diferencia significativa entre tratamientos y panelistas, mientras que en el color, sabor, olor y textura existe diferencia significativa entre tratamientos y para panelistas resultaron no significativos.

## RECOMENDACIONES

Aplicar correctamente el tratamiento hidrotérmico en frutos, para evitar daños de escaldado y pérdida de la calidad durante su almacenaje.

Los materiales de envase utilizado en atmósfera modificada deben estar unidos a un adecuado manejo de frío durante el almacenaje, para evitar daños de turgencia y malformaciones organolépticas de los frutos a preservar.

Desarrollar algunas técnicas de atmósfera modificada con otros tipos de envases permeables biodegradables que permitan comercializar frutas u hortalizas en equilibrio con el medio ambiente y permitan satisfacer las necesidades de los consumidores.

Aplicar el estudio del intercambio gaseoso de respiración de variedades de frutos y del tipo de recubrimiento en atmósfera modificada para prolongar su vida útil que permitan transportar a otros mercados con características de calidad aceptable.

#### BIBLIOGRAFIA

Brody (1996) Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. 1 era edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España p.95-98,119-127, 167,187-188.

Deutsche Gesellschaft für (1992) .Sociedad Alemana de Cooperación Técnica.. Manual de Exportación Frutas tropicales y hortalizas. pág. 34.

USDA, APHIS, MAG/SENASA (1991) Tratamientos cuarentenarios para poder exportar mangos a los Estados Unidos. SENASA. pág.12.

Wills, R. H. et. Al (1992) .Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección .1era edición .Editorial Acribia S.A. Zaragoza España .pág. 27-28.

Ciro J. Arias, Julio Toledo (2000). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) pág.28

Church, N. (1994). Developments in modified atmosphere packaging and related technologies.Trends in Food Science Technology.pág.5.

[www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf](http://www.innova-uy.info/docs/.../2005DOCJorgeWolti-Metodos.pdf)

[http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s01.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s01.htm) visita febrero 2013

(<http://spanish.alibaba.com>).