



MANEJO INTEGRAL DE LA POSCOSECHA APLICADO A LA INGENIERÍA

AUTORES

Luis Fernando Arboleda Álvarez

Julio Andrés Palmay Paredes

César Fernando Hernández Maya

Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

Detrás de cada alimento está el campo y el trabajo de su gente.

ISBN: 978-9942-44-380-9

EDITORIAL

InvestiGO

MANEJO INTEGRAL DE LA POSCOSECHA APLICADO A LA INGENIERÍA

AUTORES

Luis Fernando Arboleda Álvarez

Julio Andrés Palmay Paredes

César Fernando Hernández Maya

Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

ISBN: 978-9942-44-380-9

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica del mismo.

©Publicaciones Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
investigoeditorial@gmail.com
<https://editorialinvestigo.renderforestsites.com>
REPOSITORIO



Arboleda, L., Palmay, J., Hernández, C., Guerrero, S. (2023) Manejo integral de la poscosecha aplicado a la ingeniería. Editorial InvestiGo.

©Luis Fernando Arboleda Álvarez
Julio Andrés Palmay Paredes
César Fernando Hernández Maya
Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

ISBN: 978-9942-44-380-9

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.



FILIACIÓN DE AUTORES

LUIS FERNANDO ARBOLEDA ÁLVAREZ

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

luisf.arboleda@espoch.edu.ec

JULIO ANDRÉS PALMAY PAREDES

Universidad Agraria del Ecuador

jpalmay@uagraria.ec

CÉSAR FERNANDO HERNÁNDEZ MAYA

Universidad Agraria del Ecuador

chernandez@uagraria.edu.ec

SEBASTIÁN ALBERTO GUERRERO LUZURIAGA

Universidad Nacional de Chimborazo

saguerrero@unach.edu.ec



PRÓLOGO

El libro Manejo integral de la poscosecha aplicado a la ingeniería abarca varias características técnicas utilizadas en la agroindustria específicamente en el manejo Poscosecha de los productos hortofrutícolas aportando con conocimientos, estrategias, técnicas y tecnologías aplicativas, consta de cinco capítulos que abordan temas de interés para los lectores, los cuales aportan con criterios e información que nutren significativamente el entendimiento del porque se dañan o pierden calidad los productos hortofrutícolas después de ser cosechados dando soluciones prácticas con el uso de tecnologías apropiadas para mermar pérdidas y aplicarlas en la industria alimentaria.

La importancia de esta obra se enmarca en los contenidos específicos al explicar de manera técnica los fenómenos y soluciones a problemas reales en la industria alimentaria aportando al lector con orientaciones de carácter ingenieril.

Esta obra es recomendada a estudiantes, docentes y personas dedicadas al estudio de la Poscosecha por su contenido detallado de los procesos.

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO.....	V
--------------	---

ÍNDICE GENERAL.....	VI
---------------------	----

INTRODUCCIÓN.....	XVI
-------------------	-----

CONTENIDO

1. POSCOSECHA.....	1
1.1. Concepto.....	1
1.2 Características fisicoquímicas de las frutas y hortalizas.....	5
1.2.1 Propiedades morfológicas, físicas y químicas.	5
1.2.2 Fisiología de frutas y hortalizas	9
1.3 Proceso de maduración de algunas hortalizas y frutas	12
1.3.1 Índices de madurez.....	14
1.3.2 Producción de etileno.....	16
1.3.3 Respiración	17
1.3.4 Transpiración	19
1.4 Control de calidad de las frutas y hortalizas.....	20
1.4.1 Calidad comercial	22
1.4.2 Calidad sensorial.....	23
1.4.3 Calidad nutricional.....	25
1.4.4 Técnicas de muestreo.....	26
1.4.5 Características de calidad de las frutas y hortalizas	29
1.4.6 Técnicas estadísticas para determinar la calidad de las frutas y hortalizas	34
1.4.7 Normas	35
CUESTIONARIO	38
2. OPERACIONES PRINCIPALES EN PLANTAS EMPACADORAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS	41

2.1. Equipos e insumos.....	45
2.1.1. Máquinas para recolección Frutas	45
2.1.2. Máquinas para recolección de Hortalizas	50
2.1.3. Maquinaria de operaciones principales en empacadoras de frutas y hortalizas.	54
2.2 Limpieza y lavado de equipos de la planta empacadora de frutas y hortalizas.....	57
2.3. Selección y Clasificación	57
2.4. Lavado y desinfección.....	58
2.5. Encerado	62
2.6. Secado.....	62
2.7. Empaque.....	63
2.7.1. Tipos de Empaque.....	65
2.8. Almacenamiento.....	73
2.8.1 Tipos de almacenamiento	74
2.9 Diagrama de flujo de operaciones de la elaboración de fruta confitada	76
2.10 Diagrama de flujo de operaciones de la elaboración de chifles de zanahoria.....	77
CUESTIONARIO	78
3. PRINCIPALES ENFERMEDADES Y ALTERACIONES DE POSCOSECHA EN FRUTAS Y HORTALIZAS	81
¿Qué son las enfermedades poscosecha?.....	81
¿Cómo se infectan las frutas y las hortalizas?	82
3.1 Mecanismo de prevención y control de plagas y enfermedades en la poscosecha	83
3.1.1 Aplicación de fitosanitarios en poscosecha.....	88
3.1.2 Métodos de control alternativos a los fungicidas de síntesis.	91
3.2 Alteraciones por frío en frutas y hortalizas	97
3.3 Alteraciones por Calor en Frutas y Hortalizas	101

3.4 Alteraciones por distintos agentes en frutas y hortalizas	105
3.5 Controles químicos y físicos poscosecha.....	137
3.5.1 Controles físicos.....	137
3.5.2 Control de temperatura.....	138
3.5.3 Atmósfera controlada.....	139
3.5.4 Transporte	140
3.5.5 Métodos químicos de baja toxicidad.....	143
3.5.6 Combinación de tratamientos físicos y químicos.....	143
Cuestionario.....	144
4. CÁLCULOS DE TEMPERATURA EN CUARTOS FRÍOS	145
4.1 Control de temperatura.....	149
4.2 ¿Cómo calcular la temperatura en cámaras?.....	150
4.3 Almacenamiento y conservación de la producción.....	153
4.3.1 Cuartos de almacenamiento en atmosferas controladas	170
4.3.2 Cálculos en el diseño de cuartos fríos	172
5. EMPACADO	193
5.1 Características de los empaques	193
5.1.1 Características generales.....	193
5.2 Materiales de los empaques.....	199
5.3 Apariencia y etiquetado	201
5.4 Cálculos de empaque.....	203
5.4.1 Medir la longitud, el ancho y la altura de una sola unidad en pulgadas o metros.....	203
5.4.2 Multiplicar la longitud, el ancho y la altura de la unidad para obtener las medidas de empaque.....	203
5.4.3 Dividir el resultado entre 1728 si tus medidas estaban en pulgadas.....	203

5.4.3 Diseño de empaques	204
--------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	208
--------------------------	------------

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Partes de un fruto de aguacate.	7
Ilustración 1.2. Partes de la planta y origen de algunas hortalizas.	8
Ilustración 1.3. Maduración de un durazno.	12
Ilustración 1. 4. Principales pasos de la biosíntesis del etileno.....	17
Ilustración 1. 5. Respiración en metabolismo aeróbico de los frutos.	19
Ilustración 1.6. La calidad viene dada por características sensoriales, nutritivas y comerciales.....	21
Ilustración 1.7. Productos de exportación.	23
Ilustración 1.8. Se ponderan los colores brillantes y vivos.....	24
Ilustración 1.9. Golpes y pardeamientos pueden afectar la calidad del producto.	25
Ilustración 1.10. Características nutricionales.....	25
Ilustración 1.11. Muestreo aleatorio simple.	27
Ilustración 1.12. Muestreo sistemático.....	27
Ilustración 1.13. Muestreo aleatorio estratificado.	28
Ilustración 1.14. Muestreo por conglomerados.....	28
Ilustración 1.15. Análisis de color de una manzana por tabla.....	30
Ilustración 1.16. Análisis de color en una naranja mediante colorímetro.	30
Ilustración 1.17. Medición de longitud de una naranja mediante pie de rey.	31
Ilustración 1.18. Determinación de SST en zumo de naranja mediante refractómetro.	32
Ilustración 1.19. Penetrómetro, instrumento de medición de dureza.	32
Ilustración 1. 20. Gráfico de barras que muestra la normalidad de los datos de °Brix para el tomate de árbol.	35
Ilustración 2. 21. Clasificación de frutas según el tamaño.	41
Ilustración 2. 22. Lavado y desinfección de frutas en empacadoras.....	42
Ilustración 2. 23. Máquina para la aplicación de cera en frutas y verduras.	43
Ilustración 2. 24. Recolección de frutas y hortalizas.	45
Ilustración 2. 25. Carretillas autopropulsadas.....	46

Ilustración 2. 26. Tipos de plataformas de recolección de frutas y hortalizas.	46
Ilustración 2. 27. Plataforma individual para recolección de frutas.	47
Ilustración 2. 28. Plataforma múltiple para recolección de frutas.	48
Ilustración 2. 29. Plataforma de múltiples cintas transportadora de frutas.	48
Ilustración 2. 30. Sacudidores, agitadores o vibradores.	49
Ilustración 2. 31. Barrederas de frutas y hortalizas.	49
Ilustración 2. 32. Máquina cosechadora de remolacha.	50
Ilustración 2. 33. Tipos de arrancadores.	51
Ilustración 2. 34. Máquina cosechadora de papa.	52
Ilustración 2. 35. Cosechadora de cebolla.	53
Ilustración 2. 36. Máquina cosechadora de espinaca.	54
Ilustración 2. 37. Máquina lavadora de frutas.	55
Ilustración 2. 38. Secadora de frutas y hortalizas.	56
Ilustración 2. 39. Limpieza y lavado de equipos.	57
Ilustración 2. 40. Máquina clasificadora de fruta.	58
Ilustración 2. 41. Limpieza y lavado de piña.	58
Ilustración 2. 42. Ingreso del producto a la máquina de limpieza.	59
Ilustración 2. 43. Máquina de Lavado en seco.	60
Ilustración 2. 44. Lavado y desinfectado de piña.	61
Ilustración 2. 45. Secado de frutas y hortalizas.	63
Ilustración 2. 46. Empacadora de producto.	63
Ilustración 2. 47. Bandejas empaque de fruta.	65
Ilustración 2. 48. Bag in box empaque para vinos.	65
Ilustración 2. 49. Bolsas de un solo uso para frutas y hortalizas.	66
Ilustración 2. 50. Empaque reusable para frutas y hortalizas.	66
Ilustración 2. 51. Empaque para jugos.	67
Ilustración 2. 52. Empaque para frutos delicados.	67
Ilustración 2. 53. Empaque para frutas y hortalizas.	68
Ilustración 2. 54. Empaque para tomates.	69
Ilustración 2. 55. Empaque film.	69
Ilustración 2. 56. Empaque para hortalizas y frutas.	70
Ilustración 2. 57. Empaque film retráctil.	70

Ilustración 2. 58. Máquina empacadora de frutas y hortalizas.	71
Ilustración 2. 59. Empaque de garrafa.	71
Ilustración 2. 60. Mallas empaque para frutas y hortalizas.	72
Ilustración 2. 61. Empaques con tapas y tapones.	72
Ilustración 2. 62. Empaque en forma de tubos.	73
Ilustración 2. 63. Almacenamiento de frutas y hortalizas.	74
Ilustración 2. 64. Almacenamiento al ambiente.	74
Ilustración 2. 65. Almacenamiento en congelación.	75
Ilustración 3. 66. Enfermedades poscosecha.	81
Ilustración 3. 67. Árbol de plátano.	82
Ilustración 3. 68. Plátanos poscosecha.	83
Ilustración 3. 69. Efecto germicida para proteger tus cultivos de ciertos patógenos....	84
Ilustración 3. 70. La Inducción de defensa en las plantas a través de elicitores.	86
Ilustración 3. 71. Control biológico de patógenos en poscosecha.	87
Ilustración 3. 72. Esencia de canela y clavo.	92
Ilustración 3. 73. Naranja con p. digitatum.	93
Ilustración 3. 74. Durazno con monilinia frutícola.	94
Ilustración 3. 75. Uvas con botrytis cinerea.	95
Ilustración 3. 76. Tratamiento de irradiación.	96
Ilustración 3. 77. Cámara.	97
Ilustración 3. 78. Guineo dañado por frío.	99
Ilustración 3. 79. Limón dañado por frío.	100
Ilustración 3. 80. Tomate de árbol deteriorado.	101
Ilustración 3. 81. Manzana deteriorada.	104
Ilustración 3. 82. Plátano maduro deteriorado.	104
Ilustración 3. 83. Peras con moho azul.	106
Ilustración 3. 84. Moho verde en la naranja.	107
Ilustración 3. 85. Moho azul en el limón.	108
Ilustración 3. 86. Naranjas con podredumbre marrón.	109
Ilustración 3. 87. Fresas con moho gris.	111
Ilustración 3. 88. Moho gris en uvas.	112
Ilustración 3. 89. Antracnosis en aguacates.	113

Ilustración 3. 90. Podredumbre amarga en la naranjilla.	116
Ilustración 3. 91. Ajo infectado por sclerotium cepivorum.	117
Ilustración 3. 92. Aguacate con podredumbre.	119
Ilustración 3. 93. Pudrición del pedúnculo en una naranja.....	121
Ilustración 3. 94. Pudrición de raíz por fusarium.	122
Ilustración 3. 95. Girasol infectado con phomopsis.	123
Ilustración 3. 96. Pudrición de corona de plátano.	124
Ilustración 3. 97. Plátano con enfermedad del chorro.....	125
Ilustración 3. 98. Papaya infectada con phoma caricae papayae.	125
Ilustración 3. 99. Piña con thielaviopsis.	126
Ilustración 3. 100. Tomates contagiados con geotrichum candidum.	127
Ilustración 3. 101. Maíz con diplodia.....	128
Ilustración 3. 102. Lechuga con podredumbre blanda.....	130
Ilustración 3. 103. Papa con pie negro.	130
Ilustración 3. 104. Tomates con moho negro.....	131
Ilustración 3. 105. Pudrición de anillo.	132
Ilustración 3. 106. Tizón tardío.	133
Ilustración 3. 107. Tomates infectados por rhizopus.	134
Ilustración 3. 108. Pimiento afectado por frio.	135
Ilustración 3.109. Tomate golpeado.....	135
Ilustración 3. 110. Plátano maduro frito.	136
Ilustración 3. 111. Papa sufriendo una oxidación.	136
Ilustración 3. 112. Tomates contaminados.	137
Ilustración 3. 113. Fitotoxicidad por curado en mandarina.	138
Ilustración 3. 114. Buen y mal control en atmósferas de tomate.....	139
Ilustración 3. 115. Conservación de naranjas en atmósfera de aire.	140
Ilustración 3. 116. Transporte en camiones refrigerados.	141
Ilustración 3. 117. Cítricos tratados por inmersión en una solución caliente de carbonato sódico.....	142
Ilustración 3. 118. Fungicida de aceite esencial de naranja.....	143
Ilustración 4. 119. Cuarto frío para frutas.	145
Ilustración 4. 120. Almacenamiento de frutas y hortalizas en cuartos fríos.....	149

Ilustración 4. 121. Control de temperatura en cuartos fríos.	150
Ilustración 4. 122. Cámara frigorífica de conservación para frutas y hortalizas.	150
Ilustración 4. 123. Sondas térmicas con amortiguación.	151
Ilustración 4. 124. Sistema de refrigeración en cuarto frío.....	152
Ilustración 4. 125. Almacenamiento de cebolla protegida por paja.	159
Ilustración 4. 126. Ventilación natural.	160
Ilustración 4. 127. Instalación de ventilación forzada.	160
Ilustración 4. 128. Vista interior de una cámara para el almacenamiento refrigerado.	161
Ilustración 4. 129. Interior de una cámara para el preenfriamiento por aire forzado.	163
Ilustración 4. 130. Enfriamiento por vacío.	165
Ilustración 4. 131. Daño por frío.....	166
Ilustración 4. 132. Daño por frío.....	166
Ilustración 4. 133. Esquema de una cámara de atmósferas controladas.	170
Ilustración 4. 134. Partes de un cuarto Frío.	173
Ilustración 5. 135. Empaques de cartón para frutas y hortalizas.	194
Ilustración 5. 136. Caja estandar para frutas y vegetales.	194
Ilustración 5. 137. Empaques de cartón para transporte y venta.....	195
Ilustración 5. 138. Empaques de cartón corrugado.	196
Ilustración 5. 139. Empaque de canastilla desarmable.	197
Ilustración 5. 140. Empaques de barquetas para frutas y hortalizas.	197
Ilustración 5. 141. Empaques de fibra natural y sintético para vegetales.	198
Ilustración 5. 142. Empaques de cajón de madera.	199
Ilustración 5. 143. Empaque de cartón corrugado.	199
Ilustración 5. 144. Empaque de plástico para verduras y frutas.	200
Ilustración 5. 145. Empaque de cajón de madera.....	200
Ilustración 5. 146. Saco de textil para empacar granos y frutos secos.	200
Ilustración 5. 147. Canastillas de plástico.....	201
Ilustración 5. 148. Etiqueta de mermelada.	202
Ilustración 5. 149. Modelo base	206
Ilustración 5. 150. Modelo de cajas para frutas y verduras.	207

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales operaciones poscosecha.	4
Tabla 2. Clasificación morfológica de las frutas.	7
Tabla 3. Clasificación morfológica de las hortalizas según su parte comestible.	8
Tabla 4. Respiración de frutas y hortalizas a una temperatura de 5°C.	9
Tabla 5. Riesgos químicos, biológicos y físicos en la cosecha y poscosecha.	22
Tabla 6. Nombre científico, temperatura recomendada, calor específico y calor de campo de algunas frutas.	146
Tabla 7. Nombre científico, temperatura recomendada, calor específico y calor de campo de algunas frutas	146
Tabla 8. Condiciones de almacenamiento óptima de frutas y vegetales durante la poscosecha.	153
Tabla 9. Vegetales y frutas pre-enfriado en cámara.	162
Tabla 10. Frutas y vegetales mediante aire forzado.	163
Tabla 11. Frutas y vegetales mediante hidro enfriado.	164
Tabla 12. Frutas y vegetales que pueden ser pre-enfriado con hielo.	164
Tabla 13. Vegetales que pueden ser pre-enfriados por vacío.	165
Tabla 14. Frutas y vegetales sensibles y productoras de etileno y olores.	167
Tabla 15. Requerimientos y propiedades de almacenamiento para productos perecederos.	176
Tabla 16. Calor retirado del hielo.	182
Tabla 17. Calor retirado de embalaje.	185
Tabla 18. Dimensiones de las paredes.	186
Tabla 19. Calor que ingresa a través de las paredes.	186
Tabla 20. Consumo de energía en función del espesor y material.	187
Tabla 21. Potencias caloríficas aportadas por las personas.	189
Tabla 22. Calor de respiración.	190
Tabla 23. Calor específico del material de recipiente.	192
Tabla 24. Dimensiones de cajas en tamaños grande y pequeños.	195
Tabla 25. Descripción de la canastilla según su altura.	197

Tabla 26. Múltiplos y submúltiplos a partir del módulo base normalizados de la ISO 3394 para los empaques utilizados en la comercialización de productos hortofrutícola. ...	206
Tabla 27. Alturas recomendadas para evitar daño en los productos en la comercialización de productos hortofrutícolas.....	206

INTRODUCCIÓN

La cosecha de los cultivos marca el final del crecimiento y estado óptimo de las frutas y hortalizas. Los productos hortofrutícolas luego de ser cosechados siguen cumpliendo sus funciones fisiológicas naturales las cuales provocan cambios que pueden ser perceptibles por los consumidores, alterando sus características que dan lugar al deterioro de los mismos, mermando calidad y reduciendo rápidamente su vida de anaquel.

Los productos cosechados están expuestos a la pérdida de agua debido a la transpiración y otros fenómenos fisiológicos y crear condiciones óptimas que ayuden a minimizar las pérdidas es un reto que los profesionales tienen. Con este documento se quiere aportar con tecnologías y conocimientos que se deben poner en práctica para mermar el daño que naturalmente se generan en los productos. Aquí se abordan temas generales y específicos para su correcta aplicación.

En el primer capítulo se exponen contenidos que ayudan a entender técnicamente los fenómenos que causan el deterioro de los productos en función de las variables que más influyen y su incidencia en este fenómeno.

En el capítulo dos se tratan temáticas referentes a las actividades y operaciones principales que se realizan en las plantas empacadoras de frutas y hortalizas, explicando los equipos, insumos, procesos y procedimientos a realizarse de manera técnica.

En el capítulo tres se exponen las enfermedades principales y alteraciones que sufren los productos, explicando porque y determinando características propias de cada una, sus cambios, efectos y daños, exponiendo soluciones técnicas y apropiadas para mitigar el impacto negativo y merma de calidad.

Luego el capítulo cuatro expone y explica actividades que tienen que ver con manejo de temperaturas, diseño de cuartos fríos y su aplicación tecnológica en los mismos. Finalmente, el capítulo cinco trata un tema importante y poco estudiado pero que tiene mucha importancia dentro de la cadena de comercialización de productos como son los empaques, su utilización, materiales, tipos, diseño, apariencia y el etiquetado de los mismos.

Con el contenido de esta obra se aportan en forma práctica, explicativa y didáctica las temáticas más importantes en la ingeniería tecnología y manejo Poscosecha de los alimentos, además se promueve con criterios de eficiencia y eficacia la importancia del uso de tecnologías para reducir las pérdidas de productos cosechados dentro de la agroindustria.

1. POSCOSECHA

1.1. Concepto

La poscosecha es el manejo adecuado para la conservación de diversos productos agrícolas, con el fin de determinar la calidad y su posterior comercialización o consumo. Para obtener los resultados que se esperan en poscosecha es necesario comprender la importancia de lo que ocurre previo a esta etapa ya que es lo que definirá la calidad poscosecha.

Precosecha

La precosecha generalmente se lo conoce como el conjunto de procesos que intervienen durante el desarrollo de la planta y por ende en los productos agrícolas, frutícolas que de esta podamos obtener, es decir todos los eventos que tienen lugar antes de cosechar.

Factores de precosecha que influyen en poscosecha

➤ **Factores extrínsecos:** Los componentes extrínsecos son esos externos al propio material vegetal sin embargo que en entorno inciden sobre el producto, como son los componentes del medio ambiente y las prácticas de cultivo.

Una vez que hablamos de componentes del medio ambiente nos estamos refiriendo a todos esos involucrados con el ambiente en el cual se cosecha la fruta, como la temperatura, la humedad, la climatología y el grado de radiación solar (1).

➤ **Factores intrínsecos:** Los componentes intrínsecos son esos que se refieren a las propias propiedades de las frutas y se diferencian entre de los genes (que engloban la especie, la diversidad de fruta y sus particulares pautas de maduración, y si son productos climatéricos o no climatéricos) y entre el estado de madurez, o sea, el instante que exigen para su recolección (1).

Cosecha

La cosecha es la etapa de explotación comercial del cultivo, en la que el productor proyecta, e interviene en la organización, ejecución y supervisión de todas las tareas que permiten recolectar e incorporar determinado producto en el mercado y para ello se requiere satisfacer los requerimientos de calidad, precio, empaque y transporte (2).

Manejo de la cosecha

Existen dos sistemas de cosecha: manual y mecanizada, aunque en algunos cultivos se utilizan combinaciones de ambos, como por ejemplo cebolla, papa, zanahoria y otras especies, en donde la remoción del suelo para la cosecha manual es facilitada por medios mecánicos.

- **Método manual:** Se usa el azadón. Se retira un poco terrestres de los costados de los surcos. Después se invierte el suelo en donde está la planta, quedando los tubérculos en la parte superficial listos para ser recogidos.
- **Método mecanizado:** Se puede usar la cavadora de molinete o la cavadora de cadena sin fin. Se ha comprobado que estas máquinas son capaces de laborar eficientemente en suelos franco-arenosos, sobre pendientes de hasta 8%. Si se hace mediante tracción animal se puede usar yunta con reja.

La recolección en muchos casos es mejor realizarlo de manera manual de uno en uno y conservando la base del pedúnculo para evitar una acelerada maduración así como el ingreso de patógenos, de este modo se garantiza la presentación final del producto, además es necesario que los implementos de cosecha estén limpios y desinfectados, esta acción se puede realizar con alcohol (70%) o con cloro (5 ml/l de agua) y en lo posible se debe evitar daños por roces o rasgaduras en el producto ya que esto permite que penetren patógenos, y en consecuencia el deterioro del producto es inminente (2).

La operación de la cosecha es una acción que requiere de máximo cuidado para evitar golpes y rajaduras en los productos que pudieran afectar su apariencia, almacenamiento y vida útil en anaquel. Para una recolección adecuada es necesario realizarla en horas de la mañana, ya que el estrés por altas temperaturas en este tiempo es menor al igual que el calor de campo, por ende, las pérdidas por deshidratación también serán menores. Los productos deben ser depositados en cajas o sacos limpios y nunca deben tocar el suelo, además los productos no deben estar húmedos por el rocío o la lluvia debido a que la humedad excesiva es un factor determinante para el desarrollo de diferentes agentes patógenos que a la larga provocan pudriciones. Las acciones de cosecha deben estar bien planificadas teniendo en cuenta el estado del clima, la disponibilidad de mano de obra y la facilidad de transporte (2).

Para la recolección de tubérculos y algunas hortalizas cuyos cuerpos se encuentran muy cerca del suelo se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones: (1)

- Considerar el grado de humedad del suelo, el cual debe estar en punto de labranza o ligeramente más seco.
- El suelo no deberá estar húmedo porque perjudicará la piel de los tubérculos. Tampoco deberá estar seco porque si se trata de un suelo arcilloso se producirán daños mecánicos a los tubérculos.
- Una vez cosechados los tubérculos se deben orear al ambiente para reducir la humedad superficial y eliminar la tierra que llevan adheridos en su superficie.

Buenas prácticas agrícolas (BPA)

Son un grupo de normas o principios que se deben tomar en cuenta en la producción de alimentos en la etapa primaria y que están dirigidos a proteger la salud humana, defender el ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia. Estimulando tal cual la producción sustentable, la estabilidad alimentaria y la igualdad económico de los productores y sus familias.

➤ Inocuidad de alimentos

Asegurar al consumidor un producto sano e inocuo, o sea independiente de riesgos para el consumidor. Riesgos físicos (pedazos de vidrios, astillas, virutas, plásticos). Riesgos Químicos (residuos de plaguicidas, residuos de detergentes). Riesgo Biológicos (virus, bacterias, parásitos, hongos, u otros). Detectar y prevenir que dichos riesgos se inserten en el producto. Agrocalidad controla la inocuidad alimentaria en su primera etapa de producción, además, gestiona una y otra vez la optimización y mejora de la capacidad analítica de sus laboratorios, que permitan la detección temprana y fehaciente de contaminantes y residuos (3).

➤ Cuidado al medioambiente

Tiene relación con la preservación y cuidado del agua, suelo, especies vegetales arbustivas, insectos benéficos y barreras naturales en predio agrícola.

Agrocalidad estimula la reducción del uso de agroquímicos, además ha predeterminado una normativa para el registro de alternativas biológicas de control de plagas (3).

➤ **Salud del trabajador**

El cuidado de la salud de los agricultores (sean campesinos u operarios agrícolas) dentro del predio. Uso de los instrumentos y conjuntos de custodia personal adecuados para su trabajo. Constante capacitación para resaltar el valor de sus funcionalidades en el campo, para proporcionar un producto sano e inocuo (3).

Poscosecha

El sistema poscosecha empieza en el momento y en el lugar de cosecha y termina en la mesa del consumidor final, de un lado al otro, se debería asegurar una renta máxima a todos los que intervienen, minimizando las pérdidas y optimizando y sacando los máximos beneficios, las operaciones de la poscosecha pueden apreciarse en la ilustración 1.

Actividades de la poscosecha

- **Actividades técnicas:** cosecha, secado en el campo, trillado, limpieza, secado, almacenamiento, procesamiento.
- **Actividades económicas:** transporte, comercialización, control de calidad, nutrición, extensión, información y comunicación administración y gestión (4).

Tabla 1. Principales operaciones poscosecha.

Operación	Objetivo
Cosecha	Momento de recolección del producto.
Selección y clasificación	Descarte del producto que no es apto para consumo.
Limpieza y desinfección	Eliminación de materia extraña para obtener adecuada higiene y presentación.
Secado	En caso de que el producto haya sido sumergido en diluciones.
Evaluación de los productos	Control de la calidad, recetas estándar.
Empaque y embalaje	Para protegerlo de golpes otorgarle buena presencia y etiquetado.
Almacenamiento	Debe realizarse en un lugar adecuado para evitar el deterioro del producto.
Transporte	Traslado de productos para su venta.
Comercialización	Publicidad, venta, distribución.

1.2 Características fisicoquímicas de las frutas y hortalizas

1.2.1 Propiedades morfológicas, físicas y químicas.

Textura

La textura es una cualidad sensorial de gran importante, pues el punto de una textura firme se le considera como un índice de frescura y un factor determinante de su aceptabilidad, principalmente en las hortalizas que son destinadas al consumo crudo, como, por ejemplo, la lechuga y el apio. La textura y la consistencia de frutas se debe, en parte, al contenido en agua y de fibras (5).

Sabor y aroma

Las hortalizas, no tienen olores y sabores tan agradables y marcados como las frutas; pero son duda, son igualmente distintivos. Los compuestos que son los responsables de estos factores son, esencialmente, ésteres, cetonas, alcoholes y aldehídos. La mayoría de los olores menos atractivos y específicos de algunas hortalizas se deben a compuestos de azufre; como por ejemplo la col, coles de Bruselas y coliflor. El sabor ácido que contienen algunas hortalizas se debe por la presencia de sustancias de esa naturaleza, el ácido oxálico en los tomates (5).

Color

La clorofila se considera como un pigmento liposoluble que aporta a los vegetales el color verde característico y que se encuentra en las hojas sin madurar y en frutos jóvenes. Mientras se da la madurando, se produce un cambio de color, que se da como consecuencia de la degradación de la clorofila y la aparición de los otros pigmentos. Una vez alcanzada la maduración, la clorofila desaparece casi por completo en la mayoría de los vegetales y frutas, pero no así en algunas variedades donde permanece enmascarando la presencia de otros pigmentos (5).

PROPIEDADES QUÍMICAS

➤ Carbohidratos

La cantidad de carbohidratos en la frutas se encuentran entre el 5 y el 18% , sin embargo existen casos en los que los valores llegan a superar el 10% de azúcares totales, mientras que en las hortalizas los valores se encuentran en un rango del 3 y 20%, esto es porque en

las hortalizas predominan los carbohidratos de cadena larga como el almidón, celulosa, hemicelulosa quienes le dan consistencia al producto a diferencia de las frutas donde predominan los azúcares simples como glucosa y fructosa (5).

➤ **Proteínas**

Las frutas mantienen un bajo contenido proteico pues la mayoría no supera el 1%, a diferencia de las hortalizas que tienen un mayor valor proteico pues presentan valores de proteína en un rango del 1 al 5%, en mayor medida como enzimas, mismas que son partícipes de la formación de aromas tanto agradables como no deseados, y modificaciones del color (5).

➤ **Ácidos grasos**

En este caso tanto las frutas como las hortalizas presentan valores bajos de grasas siendo para verduras y hortalizas entre 0,1 – 0,9% mientras que en las frutas se reduce 0,1 – 0,5% donde se destacan los ácidos grasos como el ácido oleico y el linoleico y las ceras quienes recubren la piel de ciertas frutas (5).

➤ **Minerales y vitaminas**

Es común encontrar en los vegetales elementos como: potasio (K), calcio (Ca), sodio (Na), magnesio y vitaminas, sin embargo, las vitaminas varían dependiendo el tipo y el clima, principalmente se encuentra la vitamina C y el grupo de vitaminas B.

En las frutas se encuentran carotenos precursores de vitamina A, pero principalmente son ricas en vitaminas del grupo B y C, además el contenido de vitaminas variara según factores externos como la cantidad de horas de sol que reciba el fruto, siendo beneficiadas aquellas que más luz reciban (5).

PROPIEDADES MORFOLÓGICAS

La morfología se refiere a la estructura que presenta un producto hortofrutícola y que lo diferencia del resto de estructuras que componen a la planta.

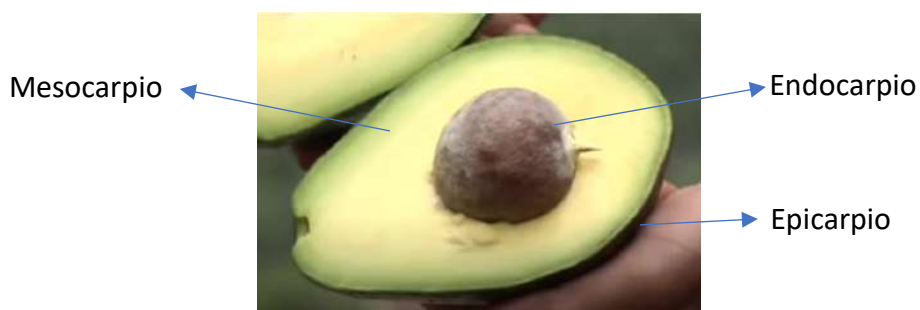
Frutos

El Fruto también llamado carpo es el ovario que se ha desarrollado y madurado en una planta. Las paredes del fruto son el resultado del desarrollo del o los carpelos, quien recibe

el nombre de pericarpio, mismo que se divide en tres partes o capas, como se muestra en la ilustración 1.

- **Epicarpio.** Es aquella que recubre la parte externa de la fruta, para darle protección, comúnmente llamada cáscara o piel donde su grosor dependerá de la especie de la fruta.
- **Mesocarpio.** Esta parte de la fruta se denomina pulpa y se caracteriza por ser de aspecto grueso y succulento en algunas frutas como el aguacate, mientras que en otras como cítricos, vendría a ser la parte blanca anterior a la cascara.
- **Endocarpio.** Se encuentra al interior del pericarpio rodeando las semillas a modo de protección en algunos casos es conocido también como hueso.

Ilustración 1.1. Partes de un fruto de aguacate.



La morfología de las frutas varía según las especies y factores físicos como el clima y la ubicación geográfica. Por lo que pueden clasificarse según su forma como se muestra en la tabla 1. 2.

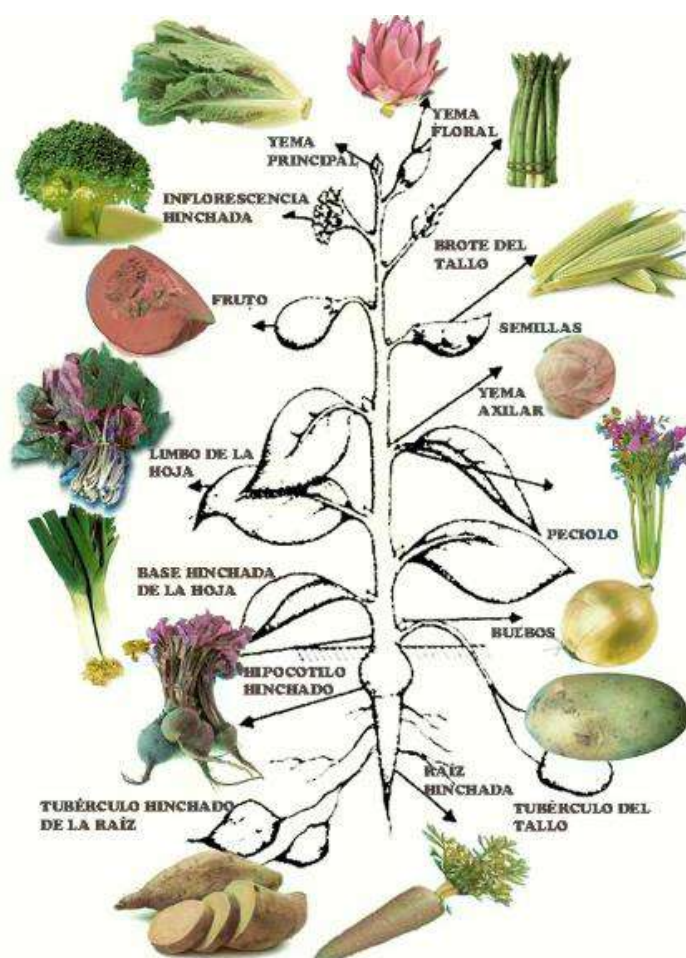
Tabla 2. Clasificación morfológica de las frutas.

Según su forma	Frutas
Pomos	Manzanas, peras
Drupas	durazno, ciruela
Bayas	frutilla, uva, frambuesa
Frutos secos	avellana, nuez, pistacho

Hortalizas

Las hortalizas se consideran un grupo de plantas bastante extenso donde se incluye verduras y legumbres, que pueden ser consumidos crudos o preparados. La parte comestible son sus órganos verdes como sus hojas, tallos, inflorescencias entre otros, como se muestra en la ilustración 2.

Ilustración 1.2. Partes de la planta y origen de algunas hortalizas.



Las hortalizas son de morfología diversa, las hay en tallo, en hojas, bulbos pueden clasificarse según la parte que se utilice para consumo como se muestra en la tabla 3, (6).

Tabla 3. Clasificación morfológica de las hortalizas según su parte comestible.

Parte comestible	Hortalizas
Bulbos	Cebolla, puerro
Frutos	Tomate, berenjena
Flores	Brócoli, coliflor
Hojas	Acelga
Tallos	Espárragos
Raíces	Zanahorias, rábanos
Tubérculos	Papa, remolacha
Semillas	Arveja

1.2.2 Fisiología de frutas y hortalizas

En todos los periodos vegetativos las frutas como las hortalizas son organismos vivos, aún después de su corte o cosecha. Ellos mantienen los procesos fisiológicos de la respiración, transpiración y producción de etileno, característicos de la Maduración (7).

Respiración

Estas frutas y hortalizas como ya dependen de sus propias reservas sufren un desgaste el cual si no se maneja bien causa un deterioro acelerado del producto. Estos productos al respirar consumen sus reservas (azúcares) y liberan dióxido de carbono, agua, más energía en forma de calor (8).

A mayor manipulación y temperatura, mayor es el proceso de respiración, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Respiración de frutas y hortalizas a una temperatura de 5°C.

Tipo	mg CO ₂ /kg h (5°C)	Producto
Muy baja	<0.05	frutas secas, nueces, dátiles vegetales.
Baja	5—10	manzana, cítricos, melón, piña, patata, kiwi, cebolla.
Moderada	10—20	banana, frambuesa, mango, nectarinas, col, tomate.
Alta	20—40	aguacate, zanahoria, coliflor, lechugas.
Muy alta	40—60	alcachofa, brócoli, cebolla.
Extremadamente alta	>60	espárragos, espinaca, perejil, arvejas.

Por otra parte, el comportamiento respiratorio de los productos hortofrutícolas durante la poscosecha determina que ellos continúen o no su proceso de maduración después de haber sido recolectados, lo que permite dividir los productos en dos grandes grupos:

➤ Frutos no climatéricos

Son los frutos que en las primeras etapas de su desarrollo tienen una actividad respiratoria muy alta y va disminuyendo a medida que avanza su desarrollo, después de cosechados reducen su tasa de respiración en forma constante hasta el final de su vida, cuando ya han agotado todas sus reservas; deben recolectarse lo más maduros que sea posible, ya que

después de la recolección el proceso de maduración se detiene y comienza la senescencia o envejecimiento de los tejidos, para finalizar con la muerte del producto (8).

Ejemplos: Uva, tomate de árbol, mora.

➤ **Frutos climatéricos**

Son aquellos que presentan un rápido incremento en la velocidad de respiración y desprendimiento de etileno después de ser recolectados. El etileno es conocido como la hormona de la maduración porque, a pesar de que es producido por la planta en pequeñas cantidades, activa el proceso de maduración.

En los frutos climatéricos la madurez de consumo se alcanza en un tiempo posterior a la cosecha y después de un proceso de sazónamiento o maduración. Las frutas que pertenecen a este grupo son motivo de estudio para buscar una vida útil más prolongada y mejor conservación (8).

Ejemplos: Aguacate, chirimoya, manzana.

Transpiración

Es la pérdida de agua en forma de vapor de la fruta y hortalizas por la piel. Esta pérdida es de mucha importancia porque es la responsable en gran parte de la presentación del producto. Las frutas están constituidas de un 70 a 90% por agua y si se pierden entre el 5 y 8 % del agua interna, se desmerita la calidad y su valor comercial. La transpiración se ve afectada por: la especie o variedad del producto, naturaleza de la piel, estado de sanidad, temperaturas altas, viento, humedad relativa (9).

Ejemplos: Manzana, tomate, fresa.

Maduración

Conjunto de cambios que suceden en el interior del producto (especialmente los frutos) después de que ha cesado su crecimiento y adquiere la mejor calidad desde el punto de vista del consumidor en cuanto aroma, color y sabor especial, llamadas características organolépticas del producto (8).

De acuerdo con los estados de madurez de la fruta, es importante conocer y distinguir significado de los siguientes términos, de uso común en poscosecha: (9)

➤ **Madurez fisiológica:** Una fruta se encuentra fisiológicamente madura 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 poscosecha.

➤ **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.

➤ **Madurez de consumo u organoléptica:** Estado de desarrollo en que la fruta reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna).

➤ **Senescencia:** La formación de semillas y frutos va asociada a un proceso de envejecimiento del resto de la planta. La senescencia puede terminar con la muerte de toda la planta, como en la mayoría de las herbáceas (senescencia monocárpica), o sólo de algunos tejidos y órganos, como en plantas plurianuales (senescencia policárpica). Asimismo, la senescencia se puede diferenciar según el tejido en el que tenga lugar, como:

➤ **Foliar:** Cuando una hoja deja de ser fotosintéticamente rentable, suele iniciarse su proceso de senescencia.

➤ **Floral:** Una vez ha tenido lugar la antesis y la polinización, los estambres, la corola, los pétalos y los sépalos inician su proceso de senescencia.

➤ **Frutal:** El proceso de maduración del fruto requiere la senescencia de parte de sus tejidos, especialmente en frutos carnosos.

La senescencia también puede ser climatérica o no climatérica, según sea inducida o no por etileno (9).

Las células senescentes permanecen metabólicamente activas durante todo el proceso, aunque sufren un cambio de metabolismo encaminado al reciclaje de nutrientes. Señales hormonales o ambientales, asociadas a factores como la edad del tejido, iniciarán cascadas que activarán o inactivarán muchos genes, lo que conducirá a una reorganización

estructural y metabólica. Finalmente, una vez finalizado el reciclaje celular, se perderá la integridad celular, de forma irreversible.

El patrón de senescencia está bien establecido. Así, en hojas se pierde primero la integridad de los cloroplastos, mientras que la del núcleo se mantiene hasta el final. A su vez, para asegurar el transporte de nutrientes reciclados, los tejidos vasculares en torno al órgano senescente son los últimos en envejecer. La síntesis de carbohidratos cesa y tiene lugar la degradación de las proteínas, clorofilas, lípidos y ácidos nucleicos, que requiere la síntesis de enzimas hidrolíticos (proteasas, nucleasas, lipasas y clorofilasas). Ello implica la activación específica de ciertos genes. La respiración se mantiene alta hasta el final de la senescencia. La degradación de clorofila en hojas y frutos deja ver la pigmentación dada por los carotenoides. Muchas especies, además sintetizan nuevos carotenoides, y otros pigmentos de origen fenilpropanoide, como antocianinas y flavonoides que confieren nuevos colores a las hojas y a los frutos maduros antes de la abscisión. Otras rutas de síntesis de fenilpropanoides producirán lignina y taninos, así como fitoalexinas y ácido salicílico como protectores frente a patógenos (9).

El metabolismo oxidativo produce especies activas de oxígeno que disparan los mecanismos antioxidantes celulares. El balance entre producción de especies de oxígeno y su retirada por los mecanismos antioxidantes parece ser un regulador del programa de senescencia. Cuando los mecanismos antioxidantes son desbordados, el estrés oxidativo conducirá irreversiblemente a la muerte celular como fase final de la senescencia (9).

1.3 Proceso de maduración de algunas hortalizas y frutas

Ilustración 1.3. Maduración de un durazno.



La maduración es un proceso genéticamente programado que culmina o da como resultado cambios en el color, la textura, el sabor y el aroma de la fruta, es importante dado que activa un conjunto de procesos bioquímicos y fisiológicos; pues la mayoría de los atributos de calidad son determinados por el proceso de maduración como se indica en la ilustración 3 (10).

De las tres etapas podemos mencionar que la maduración es la etapa más importante y compleja, la misma que a su vez la podemos dividir en dos fases:

La **maduración fisiológica** “en la literatura inglesa conocida como *maturacion*” (11) que sucede cuando el fruto logra su máximo tamaño y el mayor vigor de las semillas antes del desarrollo completo del fruto, es decir la maduración fisiológica se completa eficazmente cuando la fruta u hortaliza se encuentra en la planta ya que después de cosechado debe sobrevivir con sus propios sustratos acumulados, la madurez fisiológica es un paso intermedio entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia (12).

Y la **maduración organoléptica** en la literatura inglés “*ripening*” esta maduración pertenece al proceso por el cual los frutos obtienen las propiedades y características organolépticas que los definen como comestibles. Lo mismo que se trata de un proceso que transforma el tejido que está fisiológicamente maduro pero que aún no es comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo. Esta maduración bien se puede llevar a cabo o completarse en la planta o también una vez ya sea recolectada, pero van a diferir significativamente.

Y de forma general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que de forma irreversible lleva a la senescencia del fruto. También hay la **madurez comercial** que hace referencia al momento adecuado para la recolección de un producto que se va a destinar a un fin concreto, es decir que cumpla con las exigencias del mercado. La madurez comercial es un término empleado en el mercado el cual hace alusión al estado fisiológico que exigen los compradores. En el caso de las frutas no climatéricas y las hortalizas deben encontrarse organolépticamente maduros para cumplir con los grados de madurez comercial óptimos (11).

En las etapas finales de crecimiento y el desarrollo ocurre el proceso de maduración en dos pasos: la ya mencionada madurez fisiológica, pero aquí nos mencionan la **madurez de**

consumo en la que se dan algunos cambios en el fruto en los cuales vemos a) la modificación del color a través de una alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y acumulación de flavonoides; b) la modificación de la textura vía alteración de la turgencia celular, de la estructura de la pared celular y por el metabolismo; c) la modificación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que afectan el aroma, el sabor y la calidad nutricional; d) se vuelven más vulnerables al ataque de patógenos oportunistas que se asocian a que la pared celular pierde su integridad (12).

Al final de esta etapa ocurren algunos cambios fisiológicos que están relacionados con la senescencia, llevan al deterioro de la membrana y a la muerte celular. Por lo antes mencionado se puede considerar a la madurez de consumo como el primer paso de una muerte celular programada.

1.3.1 Índices de madurez

Los cambios más notables que se dan en la maduración son el sabor, olor, color, textura, etc. En los frutos climatéricos estos cambios son controlados por el etileno y la actividad respiratoria que tienen. Cabe aclarar que las hortalizas no pueden ser climatéricas.

A medida que el fruto se desarrolla en la planta le ocurren una serie de cambios que son evaluables y debido a la necesidad e importancia de obtener frutos con características óptimas de madurez existen índices para la determinación del momento óptimo de recolección.

Los índices que más se utilizan y que tienen empleo muy práctico para medir la madurez del fruto son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez. Otros como el número de días desde plena floración, la intensidad de respiración y la producción de etileno son más indicados para estudiar las características fisiológicas.

Los índices de madurez fisicoquímicos tienen una aplicación que puede ser sencilla y los resultados se obtienen en poco tiempo, pero la relación con el grado de maduración y con la calidad según el criterio del consumidor rara vez es del todo satisfactoria.

Los indicadores más utilizados son:

Firmeza

La pérdida de la firmeza ocurre como consecuencia de la degradación de propectinas insolubles que se hacen pectinas solubles, por esto la pulpa tendrá menos dureza cuando el fruto es maduro. Durante la maduración del fruto la firmeza por lo general disminuye debido a las enzimas que actúan en la pared celular. Las enzimas responsables del ablandamiento de las frutas son la poligalacturonasa o pectinasa y la metil esterasa (9).

Esta medida está relacionada con el nivel de madurez y puede influenciarse por la variedad del producto, la región y condiciones de cultivo. La determinación de la firmeza de una fruta por medio del penetrómetro se basa en la presión necesaria para insertar un puntal de tamaño específico en la pulpa de la fruta a una profundidad dada.

Sólidos solubles totales (SST)

Durante el proceso de maduración en el desarrollo de la pulpa de una fruta, se depositan nutrientes en forma de almidón que se transforman en azúcares, así que el avance en el proceso de maduración lleva a aumentar los niveles de azúcar.

La determinación de los sólidos solubles totales está establecida en la capacidad que tiene los azúcares en un zumo o jugo para desviar la luz por medio de refractómetro el mismo que mide los SST como porcentaje en grados Brix.

Colorimetría tradicional

El cambio de color ocurre por la degradación de la clorofila, se da con ayuda de métodos químicos o enzimáticos, aquí se muestran los pigmentos carotenoides (naranja y amarillo) y los antocianos (azules, rojos) (9). La colorimetría tradicional es una técnica en la que el productor establece sus propios registros en tablas en las que constan diferentes colores de maduración para determinados frutos los cuales están sustentados por la experiencia de personas, estas tablas son proporcionadas a los recolectores.

Acidez

El sabor característico de las frutas es otorgado por la proporción entre azúcar y ácido. Al inicio del proceso de maduración la mencionada proporción es baja debido al contenido bajo de azúcar y el contenido alto de ácido, y por eso es por lo que las frutas no maduras suelen tener sabor ácido, contrario a esto las frutas muy maduras tienen niveles muy bajos de ácido y pierden su sabor ácido característico.

Un proceso químico utilizado para evaluar la cantidad de ácidos es la titulación y consiste en la utilización de un reactivo de compensación estandarizado como puede ser el hidróxido de sodio.

Índice de almidón

En el transcurso del desarrollo de la pulpa de un fruto, los nutrientes se depositan en forma de almidón que durante la maduración se transforman en azúcares es decir mientras más avanza el proceso de maduración, se siguen disminuyendo los niveles de almidón. Para esta prueba se necesita una solución de yodo, el cual se hace de color azul al entrar en contacto con el almidón de la pulpa del fruto. Por esto mientras el almidón se va convirtiendo en azúcar la zona azul será menos notoria.

También cabe mencionar que existen y se pueden desarrollar tecnologías modernas para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. De las que se pueden resaltar y pueden utilizarse están la fluorescencia, la tomografía de rayos x, imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN), las sondas moleculares y los detectores de productos volátiles. Una de estas técnicas que más se aplica es la colorimetría avanzada por medio de un colorímetro este instrumento mide el color en la fruta. También respecto a la firmeza se han estado evaluando sensores los cuales podrían ayudar a evitar la destrucción del fruto que se da con el penetrómetro, pero aún no son del todo precisos (11).

1.3.2 Producción de etileno

El etileno es una hormona que controla muchos procesos en las plantas superiores, como la senescencia de los órganos, ha sido identificado como la principal hormona que inicia y controla el proceso de maduración de los frutos, es decir la completa en varias etapas (12).

“Es sintetizado por la planta a partir del aminoácido metionina, incluso es el que provoca la degradación de la clorofila por lo cual se da el cambio del color en los frutos. (3) ”

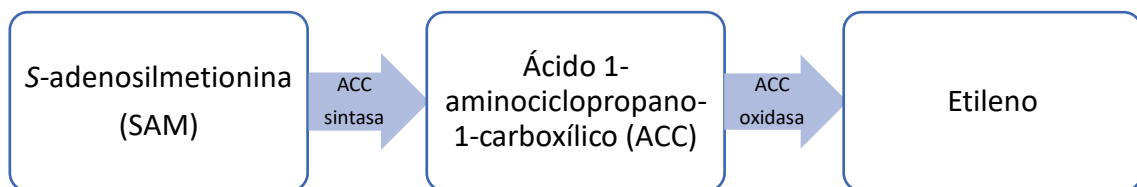
También Sandra Blandón (9) nos menciona que “La producción de etileno en los tejidos vegetales se incrementa en el rango de temperatura de 0° a 25° C. Temperaturas mayores que 30°C restringen drásticamente la síntesis y acción del etileno.”

Los frutos pueden clasificarse como climatéricos y no climatéricos en función del patrón de aumento en la producción de etileno y bióxido de carbono durante la maduración. Los que presentan un climaterio respiratorio y un aumento en la producción de etileno, se conocen como climatéricos aquí se encuentran el plátano, tomate, papaya y otros. En cambio, en los frutos no climatéricos el aumento de la respiración no da un clímax y la producción de etileno viene a ser baja o hasta ausente, son no climatéricos la fresa, uva, los cítricos y aquí también están las hortalizas.

A partir de esto podemos presentar la biosíntesis del etileno:

Esta biosíntesis involucra la conversión de S- adenosilmetionina (SAM) a ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) por la ACC sintasa (ACS) y luego por la ACC oxidasa (ACO) a etileno. En el tejido de los frutos climatéricos al inicio de la maduración se vuelve auto catalítico debido a que la presencia de etileno activa la acción del gen que codifica la enzima ACO que convierte el ACC a etileno, como se ve en la ilustración 4 (12).

Ilustración 1. 4. Principales pasos de la biosíntesis del etileno.



1.3.3 Respiración

“Las frutas y hortalizas respiran, estas después de cosechadas dependen de sus propias reservas además que si no se manejan bien causa el deterioro acelerado de los productos. Mientras más manipulación y temperatura haya mayor será el proceso de respiración.”

En la respiración hay una degradación oxidativa de una serie de compuestos como almidón, azúcares, etc., los mismos que dan como resultado CO₂. Así hay pérdidas de materia seca y del sabor dulce. Al aumentar la respiración la degradación es más rápida por esto es bueno saber cuándo es mejor recoger el producto.

Y en la respiración como proceso bioquímico tenemos que:

El fruto consume oxígeno (O_2) y desprende dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y calor, debido a esto se aceleran las reacciones oxidativas también el producto queda más expuesto a la acción de microorganismos por la acumulación del agua en la superficie. En el proceso de respiración hay que evitar que el producto haga anaerobiosis, es decir absorba CO_2 ya que esto produce toxicidad en los productos con la formación del etanol. Para producir energía las frutas y hortalizas en presencia de O_2 tiene metabolismo aeróbico, así que para poder respirar va a degradar: azúcares como la Glucosa y Sacarosa, ácidos orgánicos como el malato, o también los ácidos de cadena larga como el esteárico o el oleico.

Es bueno saber sobre la intensidad respiratoria (IR) ya que se relaciona con el tiempo de conservación, si es alta el almacenamiento será corto y si es baja el almacenamiento será muy largo.

Proceso respiratorio en un metabolismo aeróbico:

Incluye el proceso de glucólisis que ocurre en el citosol en la que hay movilidad de energía este es un proceso en el que la sacarosa es dividida en dos azúcares de seis carbonos, los cuales entran en la cadena de reacciones y son convertidos en piruvatos que cuando pierden un átomo de carbono, entra al Ciclo de Krebs que es ciclo de los ácidos tricarboxílicos o del ácido cítrico como Acetil-CoA, que ocurre en la matriz de la mitocondria; además de la respiración se obtienen energía química en forma de ATP en pequeñas cantidades y algunos ácidos orgánicos como el malato.

También está el transporte de electrones y la fosforilación oxidativa que se da en el mismo organelo.

En el metabolismo anaerobio es diferente (se produce cuando no hay O_2) en este está presente el Acetaldehído etanol, el piruvato produce fermentaciones, aquí en el lactato desprende CO_2 . (113)

Ilustración 1. 5. Respiración en metabolismo aeróbico de los frutos.



1.3.4 Transpiración

En los productos cosechados, al mismo tiempo que ocurre la respiración, continúan perdiendo agua, igual como ocurre antes de la cosecha, a esto lo conocemos como transpiración.

Así que el efecto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, la cual no puede ser reemplazada, y al igual que en la respiración la velocidad con que se pierde agua será un factor determinante en la vida poscosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y conforme avanza disminuye la apariencia firme y la elasticidad del producto ya que tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección, perdiendo su turgencia, significa que se vuelve blando y marchito. Cuando el producto recolectado pierde de un 5 a 10% de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable. La importancia que tiene la transpiración radica en que permite el intercambio gaseoso, el ascenso de la savia, movimiento de elementos minerales y nutrientes y la disipación de la energía radiante. La transpiración es dicha de otra forma un gradiente de alta humedad a baja humedad. Si la humedad del aire es alta, la presión del vapor de agua también será alta. Dicho esto, mientras más seco esté el aire, más rápido pierde agua el producto a través de la transpiración, así que si vamos a poner un control en la transpiración será conveniente mantener el producto con una humedad relativa alta, así se podrá reducir la pérdida de agua y así se puede extender la vida poscosecha (16).

1.4 Control de calidad de las frutas y hortalizas

El control de calidad es una parte fundamental en todas las industrias, esto incluye a la industria alimenticia. Hoy en día quizás este parámetro no sea muy tomado en cuenta en la industria local, pero resulta relevante conocerlo debido a que de esta forma se pueden obtener mejores productos e incluso evitar problemas sanitarios. Hay que señalar que el control de calidad es diferente en los productos frescos y en los procesados (17).

- Las frutas y verduras frescas se mantienen en forma reconocible mientras que los productos procesados se modifican.
- La variabilidad en respuesta a las condiciones de almacenamiento entre diferentes artículos en el mismo lote es mucho mayor en frutas y vegetales frescos que en productos procesados.
- La relación entre los procesos fisiológicos y la calidad de los alimentos no se ha definido claramente en muchas frutas y hortalizas frescas.

Podemos definir la calidad de un producto como “el conjunto de propiedades o características intrínsecas que poseen y que permiten apreciarlo como igual, mejor o peor que los restantes de su especie”, pero, para definir la calidad de un producto de cosecha simplemente se tomaba en cuenta los factores organolépticos, tales como forma, tamaño, color, etc, como se muestra en la ilustración 1.4.1. Sin embargo, actualmente este concepto ha crecido de tal forma que hoy muchos consumidores prefieren los productos que más vitaminas, minerales y nutrientes le otorguen, esto también fijándose muchas veces en el proceso de elaboración, pues hay tendencia a preferir alimentos orgánicos (18).

Algunas formas de controlar la calidad de un producto son: (19)

- Escoger variedades de frutas que tengan una vida útil más larga. se deben elegir variedades que inherentemente tengan excelente calidad y potencial de almacenamiento en relación con el potencial de rendimiento elevado y resistencia a plagas.
- Controlar los niveles de luz, el lado de la fruta que ha estado expuesto al sol suele ser más firme que el lado que no ha estado expuesto. En la mayoría de los frutos y hortalizas se requieren niveles de luz de 3000 a 8000 lúmenes. La exposición a una elevada luz incrementa la cantidad de ácido ascórbico.

- La temperatura influye en todo tipo de procesos fisiológicos y bioquímicos relacionados con el correcto desarrollo y rendimiento. En circunstancias de campo, la mayor temperatura reduce la vida útil y la calidad del producto. A altas temperaturas, los carbohidratos almacenados en frutas, verduras y flores se agotan rápidamente durante la respiración y la planta respira a un ritmo más rápido.
- La humedad atmosférica tiene la capacidad de desarrollar enfermedades de características fúngicas como mohos u hongos, pero también el desarrollo de bacterias. Mientras que una baja humedad provoca oscurecimiento de la hoja.
- El uso de fertilizantes en las plantas afecta su tasa de respiración después de la cosecha. El exceso o la deficiencia de ciertos elementos pueden influir en la calidad del cultivo y la vida poscosecha.
- En su mayor parte, los productos recolectados rápidamente hacia el comienzo del día o en horas de la noche muestran una vida útil posterior a la cosecha más larga que los productos cosechados durante la época calurosa.
- Cuidar de que el producto no se contamine con parásitos, microorganismos, insectos, pues estos le reducen la vida útil al producto, pero también empeora la percepción que tiene el cliente sobre la marca. Por ejemplo, la polilla de la papa puede infestar los tubérculos durante el crecimiento si están expuestos sobre el suelo y posteriormente en el almacenamiento.

Ilustración 1.6. La calidad viene dada por características sensoriales, nutritivas y comerciales.



A todo esto, se le puede añadir una serie de contaminantes y riesgos químicos, físicos y biológicos, como se muestra en la tabla 1. 5. (20).

Tabla 5. Riesgos químicos, biológicos y físicos en la cosecha y poscosecha.

Químicos	Biológicos	Físicos
Pesticidas: Pesticidas que no son permitidos por su baja calidad o en cantidades mayores a lo permitido	Mohos: los alimentos pueden contaminarse con toxinas fúngicas secretadas a través del proceso de infección. Por ejemplo: Las aflatoxinas se producen a partir de hongos <i>Aspergillus</i> . Las plantas son susceptibles a la infección por hongos <i>Aspergillus</i> , incluidos los cultivos de semillas oleaginosas, el maní y el girasol. También hay que resaltar el riesgo de contaminación cruzada con productos cárnicos que pueden transmitir bacterias o virus a los productos.	Objetos del medioambiente: Cosecha de las plantas en tiempo húmedo.
Contaminantes: Uso inapropiado de químicos para limpieza, uso de detergentes, compartir contenedor con fertilizantes, detergentes, petróleo, entre otros.		Las herramientas de recolección y envasado están contaminadas. Las cajas sucias están arriba de las cajas de productos.
Contenido de metales: Por cosechas muy cercanas a polución de autos		Objetos de herramientas, envases, vidrio, madera y metales: Luces rotas, empaques perforados, limpieza incorrecta
Micotoxinas: Almacenamiento inadecuado, poca distancia entre el producto, una alta luminosidad en tubérculos		
Alérgenos: Estos son propios en cada producto		Objetos de personas: joyas, pinzas para el cabello, artículos personales, grapas utilizadas para cerrar empaques.
Otros: colorantes, desinfectantes		

1.4.1 Calidad comercial

Se trata de la que reúne algunas de las generalidades para calidad de un producto poscosecha, estas vienen dadas por reglamentos dados por estados o instituciones como lo pueden ser la UE o la FDA que normalmente son necesarias tenerlas para transacciones comerciales. Estas normas suelen tener una serie de requisitos mínimos (como por ejemplo frutos sanos, completos, sin suciedad, ausencia de humedad que no es propia, no tener

olores o sabores extraños); de esta forma los frutos se pueden incluso clasificar por su calidad (Categorías extra, I a III). También la calidad comercial de un producto hace referencia a su tamaño, peso, brillo, etc. (21).

Todos los productos que tengan destino de exportación deben cumplir esas reglas como en la ilustración 1.7.

Ilustración 1.7. Productos de exportación.



1.4.2 Calidad sensorial

La calidad sensorial de un producto viene dada por su textura, olor, sabor, consistencia y apariencia de los frutos u hortalizas (22).

➤ Color

El color se deriva de los pigmentos naturales de las frutas y verduras, muchos de los cuales cambian a medida que la planta avanza a través de la maduración y maduración. Además, que existen cambios de color debido a procesos de pardeamiento enzimático. Productos con brillo aumentan la calidad como se observa en la ilustración 1.8.

Ilustración 1.8. Se ponderan los colores brillantes y vivos.



➤ **Textura**

Los parámetros de textura de las frutas y verduras se perciben con el sentido del tacto, ya sea cuando se toma el producto con la mano o cuando se lleva a la boca y se mastica. A diferencia de los atributos de sabor, estas características se miden con bastante facilidad utilizando métodos instrumentales. La mayoría de los materiales vegetales contienen una cantidad significativa de agua y otros materiales solubles en líquido rodeados por una membrana semipermeable y una pared celular.

➤ **Olor**

Si bien la palabra olor se puede usar para definir una amplia gama de experiencias, el aroma es específicamente el olor de un producto alimenticio, causado cuando el sistema olfativo percibe los volátiles emitidos por los alimentos.

➤ **Apariencia**

La apariencia de una fruta o verdura es a menudo lo primero que encontramos, ya sea en nuestro plato o en los estantes de exhibición del mercado local. Dentro de la apariencia, el color (brillante/oscura, uniforme/con manchas, maduro/inmaduro), el tamaño y la forma (peso, longitud, deformaciones) y la textura de la superficie (mate/brillante, áspera/lisa, defectos) son factores importantes, especialmente porque el deterioro (podredumbre) está asociado con cambios en todos estos parámetros. Un golpe reduce la calidad en este aspecto como se muestra en la ilustración 1.9.

Ilustración 1.9. Golpes y pardeamientos pueden afectar la calidad del producto.



1.4.3 Calidad nutricional

Hace referencia al aporte en la dieta de nutrientes que se deben consumir en la alimentación diaria. Usualmente las frutas y hortalizas se caracterizan por tener bajo aporte de calorías, contenido de carbohidratos, pero con baja cantidad de lípidos y proteínas. Su importancia nutricional es dada por sus vitaminas, minerales, compuestos polifenólicos y fibra. En el mercado son usualmente requeridos los productos que contengan estas características (23). Un ejemplo de lo dicho es la ilustración 10 que presenta la calidad nutricional de la almendra.

Ilustración 1.10. Características nutricionales.

Información nutricional	
Tamaño de la porción 1/4 de taza (113 g)	
Porciones por envase 8	
Cantidad por porción	
Calorías 100	
Grasa total 2g	
Grasas saturadas 1.5g	
Grasas <i>trans</i> 0g	
Colesterol 10mg	
Sodio 460mg	
Total de carbohidratos 4g	
Fibra 0g	
Azúcares 4g	
Proteína 16g	

1.4.4 Técnicas de muestreo

Las técnicas son una agrupación de mecanismos o recursos orientados a la recolección, análisis y transmisión de información sobre el o los fenómenos objetivo de estudio pertenecientes a un universo de individuos. En ocasiones este universo puede tratarse de una población bastante numerosa que requiera de considerables recursos, por lo que su estudio a totalidad representara un problema, por ello resulta conveniente extraer una muestra que por sí misma represente a todo el conjunto de individuos que conforman la población y sea sobre la cual se aplique las técnicas de muestreo más apropiadas para la investigación (24).

Para la obtención del tamaño de la muestra que será sometida a estudio se sigue el siguiente modelo matemático representado en la ecuación 1, (25).

Ecuación 1. Determinación del tamaño de muestra.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N - 1)e^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde

Z= nivel de confianza al 95% (por defecto)

p= probabilidad positiva 0.5%

q= probabilidad negativa 0.5%

N= tamaño de la población

e²= error muestral considerado al 0.05%

Una muestra puede ser obtenida mediante dos métodos estadísticos, por muestreo probabilístico o por muestreo no probabilístico, en el primer caso la muestra es más confiable ya que se realiza mediante selección aleatoria, permitiendo que cualquier elemento de la población tenga la misma posibilidad de ser elegido que cualquier otro, en el segundo caso no sucede esto puesto que es el investigador el que elige al individuo, basándose en características o parámetros que el considere válidos al momento de la

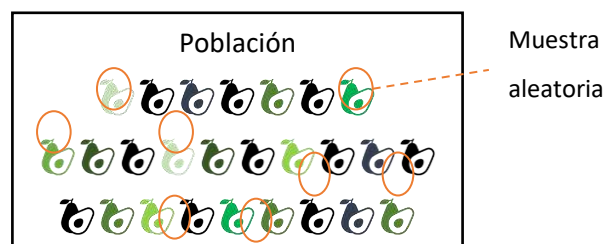
selección por lo tanto los resultados obtenidos no tendrán la confiabilidad de ser representativos de la población, por lo que los datos podrían ser erróneos (26).

Técnicas de muestreo probabilístico

Las técnicas de muestreo probabilístico son aleatorio simple, muestreo simple, muestreo estratificado y por conglomerados (25).

- Muestreo aleatorio simple: consiste en la selección al azar de los elementos que conforman el total de la población por medio softwares o tablas de números aleatorios. (Ilustración 1.11)

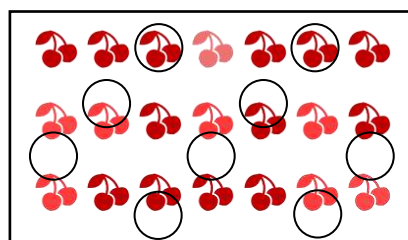
Ilustración 1.11. Muestreo aleatorio simple.



Selección aleatoria de elementos necesarios para la muestra.

- Muestreo sistemático: se realiza la primera selección aleatoriamente y a continuación se establece un intervalo fijo para elegir los siguientes elementos. (Ilustración 1.12).

Ilustración 1.12. Muestreo sistemático.

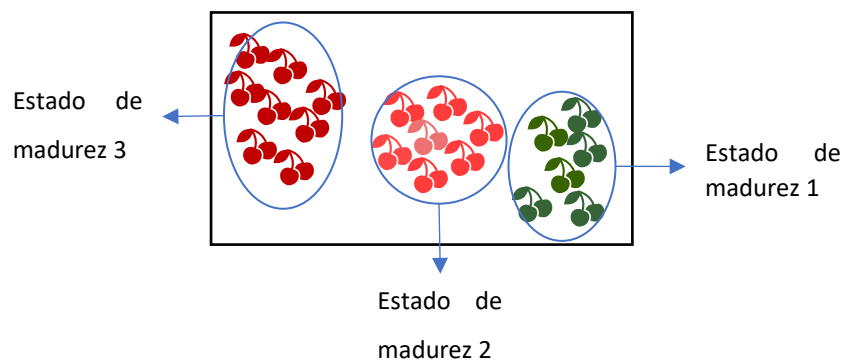


Selección de modo sistémico cada n-ésimo caso de la población.

- Muestreo estratificado: cuando la población se encuentra dividida en estratos o categorías conviene tomar una muestra aleatoria proporcional al tamaño de cada estrato. (Ilustración 1.13).

Fig. 3. Muestreo aleatorio estratificado. Selección de una muestra al azar de los 3 tipos de estado de madurez (estratos), que conforman la población total y de cada estrato se selecciona un número de elementos que lo representan.

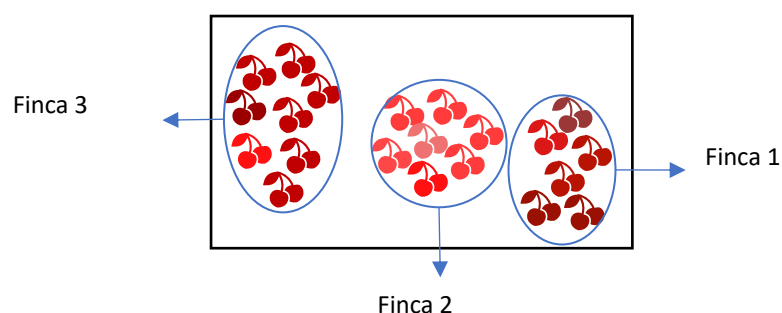
Ilustración 1.13. Muestreo aleatorio estratificado.



Selección de una muestra al azar de los 3 tipos de estado de madurez (estratos), que conforman la población total y de cada estrato se selecciona un número de elementos que lo representan.

- Muestreo por conglomerados: si una población está dividida en grupos se elige al azar una cantidad de elementos de cada uno y todos estos pasaran a conformar la muestra. (Ilustración 1.14)

Ilustración 1.14. Muestreo por conglomerados.



Selección de una muestra al azar de 3 fincas dedicadas al cultivo (conglomerados), de las 9 existentes en una parroquia, y de cada conglomerado se toma una muestra que pasara a conformar el total de la muestra poblacional.

1.4.5 Características de calidad de las frutas y hortalizas

Las características de calidad de las frutas y hortalizas son medidas fisicoquímicas y se basan en la uniformidad en cuanto a color, forma y tamaño, pero también se incluye características como cantidad de sólidos solubles totales, firmeza o dureza del producto, producción de gas etileno y acidez titulable.

Color

Esta característica es de tipo organoléptica pues se identifica mediante observación e indica dependiendo de la intensidad del color el grado de madurez en que se encuentre determinado producto, y variara conforme la especie y la variedad de cada especie.

El análisis de color se realiza por medio de tablas de color que indican el grado de madurez, pero está sujeto a la subjetividad del observador, en la ilustración 9 se puede apreciar este método. Otro método de la caracterización del color puede realizarse mediante evaluación objetiva y cuantificable por medio de un colorímetro, como se muestra en la ilustración 10, esta herramienta permite tomar 3 medidas de color en 3 áreas alrededor de la línea ecuatorial arrojando 3 valores L, a y b, con estos valores se calcula el índice de color (IC) para cada fruto mediante la ecuación 2, el valor obtenido variará de (-20) para verde y a (+20) para el naranja más intenso. Posterior a esto se calcula el IC para toda la muestra aplicando la ecuación 3, (27).

Ecuación 3. IC medio para el total de la muestra

$$\bar{x}(IC) = \frac{\sum IC}{N^{\circ} \text{ de frutos}}$$

Ecuación 2. Índice de color

$$IC = \frac{100 * a}{(L * b)}$$

Ilustración 1.15. Análisis de color de una manzana por tabla.



Ilustración 1.16. Análisis de color en una naranja mediante colorímetro.



Tamaño y Forma

Los productos agrícolas tienen variedad de formas y tamaños sin embargo la uniformidad es categorizada como un índice de calidad mientras que productos con formas irregulares y/o de poco tamaño son rechazados por no ser atractivos visualmente y son catalogados de poca calidad.

Se puede realizar este análisis mediante la medición del fruto con un calibrador pie de rey tal como se observa en la ilustración 11, una vez que se obtiene el diámetro en mm de cada fruto se determina la media para la muestra mediante la ecuación 4. (27)

Ecuación 4. Diámetro medio del fruto (mm) para el total de la muestra.

$$\bar{x}(mm) = \frac{\sum \text{diametros mm}}{N^{\circ} \text{ de frutos}}$$

Ilustración 1.17. Medición de longitud de una naranja mediante pie de rey.



Apariencia

Esta característica está relacionada con la apariencia física de la fruta u hortaliza, pues si hay evidencia de cortes, golpes, magulladuras, daños fisiológicos (senescencia) o patológicos (enfermedades) los productos serán rechazados por ello es elemental que la apariencia del producto sea inocua (27).

Sólidos solubles totales

La cantidad de sólidos solubles totales está dada por la cantidad de componentes sólidos que contiene un producto, por ejemplo, si se trata de una fruta se requiere que la cantidad de fructosa (sólidos solubles) se encuentre en un rango aceptable que la dote de un sabor agradable al consumidor, cada producto del campo tendrá un valor distinto de sólidos solubles (28).

El análisis de sólidos solubles es una prueba basada en refractometría realizada con un instrumento conocido como refractómetro mismo que se observa en la ilustración 12, para este análisis se realizan tres medidas independientes empleando para cada una de estas

mediciones unas gotas de zumo y el valor definitivo será la media de los tres valores obtenidos.

Ilustración 1.18. Determinación de SST en zumo de naranja mediante refractómetro.



Firmeza o dureza

Este es un factor fisicoquímico que está relacionado con la estructura molecular de la fruta u hortaliza misma que le confieren al producto una consistencia o soporte y es un claro indicador del estado de madurez del producto, por ejemplo, una manzana o una lechuga fresca tienen cierto grado de firmeza, pero si su periodo de senescencia ha comenzado se volverán blandas esto debido a la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares. Para realizar este análisis se requiere de un instrumento conocido como penetrómetro para aquellas frutas de mayor dureza y se lo puede apreciar en la ilustración 13, en su defecto también puede usarse un durómetro si se requiere analizar muestras blandas (27).

Ilustración 1.19. Penetrómetro, instrumento de medición de dureza.



Acidez titulable

La acidez titulable representa la cantidad de ácidos orgánicos libres que se encuentran presentes en un determinado cuerpo y se lo realiza con el fin de analizar la madurez y sabor del producto agrícola (28).

Este análisis se realiza mediante una valoración ácido-base en una muestra de 5ml de zumo al que se le añade unas gotas de fenolftaleína como indicador, a continuación, se agrega hidróxido sódico (0.1 N) lentamente hasta que el zumo cambie de color permanentemente, en ese momento se aplica la ecuación 5 la cual expresa la acidez del zumo en gramos por cada 100cc de zumo.

Ecuación 5. Acides titulable del zumo (g/100cc)

$$\text{Acidez del zumo} \left(\frac{g}{100cc} \right) = ml \text{ NaOH empleados} * 0.128$$

Producción de gas etileno

El gas etileno (C₂H₄) es producido naturalmente por las frutas y verduras siendo el encargado de regular la maduración y etapa de senescencia. Este parámetro se puede medir al introducir al producto dentro de una cámara dotada con un medidor de etileno donde se puede manipular este gas con el objeto de frenar el proceso de maduración o para uniformizar la maduración del producto (29).

Índice de madurez

La madurez interna del fruto se conoce como el índice de madurez (IM) y se obtiene de la relación entre sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable tal como se muestra en la ecuación 6, (29).

Ecuación 6. Índice de madurez.

$$IM = \frac{SST}{\text{Acidez titulable}}$$

1.4.6 Técnicas estadísticas para determinar la calidad de las frutas y hortalizas

Una vez que se han realizado los análisis de interés a las muestras poblacionales se deben interpretar mediante herramientas estadísticas que permitan hacer conclusiones de lo particular a lo general y cabe mencionar que estas técnicas solo se pueden aplicar a datos de una investigación cuantitativa.

Existen técnicas de análisis exploratorio que se realiza mediante graficas que permiten visualizar el comportamiento de los datos, como el grafico de tallo y hojas o histograma y para el estudio de la normalidad y simetría entre los datos el uso de gráficos de caja y bigote es el más adecuado. Las técnicas estadísticas que se apliquen dependerán de los valores obtenidos de las variables independientes y dependientes (30).

Distribución Normal

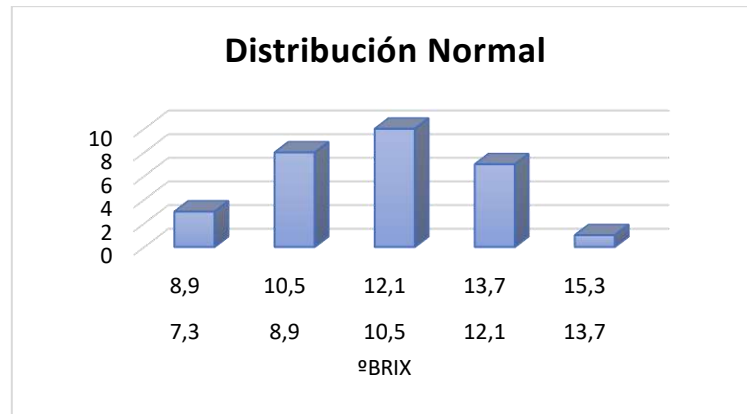
La distribución normal es una distribución con forma de campana donde las desviaciones estándar sucesivas con respecto a la media establecen valores de referencia para estimar el porcentaje de observaciones de los datos. Estos valores de referencia son la base de muchas pruebas de hipótesis, como las pruebas Z y t.

La normalidad aparece con frecuencia en fenómenos naturales, pero también puede obtenerse en los procesos industriales si los procesos se llevan a un estado en el que solo existen causas comunes de variación. La representación gráfica de la normalidad se denomina campana de Gauss por tener forma de campana.

En la distribución normal, uno puede calcular la probabilidad de que varios valores ocurran dentro de ciertos rangos o intervalos.

Por ejemplo, se tiene un lote de tomate de árbol que sigue una distribución normal de 11.13 °Brix y una desviación estándar de 1.83 °Brix. La norma IINEN indica que los tomates de árbol deben presentar un valor mínimo de 9 °Brix y un máximo de 13 °Brix, cual es el porcentaje que se encuentra dentro de estos valores.

Ilustración 1. 20. Gráfico de barras que muestra la normalidad de los datos de °Brix para el tomate de árbol.



$$\mu = 11.13 \text{ °Brix}$$

$$x_1 = 9 \text{ °Brix}$$

$$x_2 = 13 \text{ °Brix}$$

$$\sigma = 1.83$$

Para encontrar el valor Z se sigue la siguiente ecuación 6.

Ecuación 7. Valor Z

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$Z1 = \frac{9 - 11.3}{1.83} = -1.16$$

$$Z2 = \frac{13 - 11.3}{1.83} = 1.02$$

El valor z se obtiene mediante tablas y equivale a 0.1230 para Z1 y para Z2 es igual 0.8461.

Al sumar estos dos valores se obtiene 0.9691 y se interpreta como el 96.91% de tomates se encuentran entre los rangos de 9 y 13 °Brix.

1.4.7 Normas

La calidad de los productos del campo está sujeta a la normativa de cada país, en Ecuador el organismo que regula y garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad es el

Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) sin embargo las normas no son iguales para todos los casos pues cada producto tendrá su propia normativa y en algunos casos podrá ser similares a otros, también algunos parámetros como determinación de sólidos solubles o empackado se rigen bajo las normas de la INEN.

La norma que rige el control de calidad para frutas frescas es la INEN 1751:1996 basada en normas internacionales ISO (1990/2:1990 y 1991/1:1990), norma colombiana ICONTEC 1291:1977, en la FAO/OMS CODEX ALIMENTARIUS y en el manual de legislación español para la inspección de la calidad de alimentos (31).

La definición para el grado de calidad se describe como el conjunto de características organolépticas y físicas (tamaño, estado o condición, pureza, forma, aroma, textura, color y otros) que definen el valor comercial o destino de la fruta y se clasifican según su grado de calidad en Grado extra, 1 y 2 (31).

Requisitos generales

La fruta debe estar entera y su forma debe ser característica de su variedad. La base del pedúnculo debe estar presente. Debe mostrarse sin ataques de plagas o enfermedades, además de estar libre de humedad externa y estar exenta de olores y/o sabores ajenos o extraños. Su aspecto debe ser fresco y de consistencia firme y libre de materia extraña como tierra, polvo u otros.

Grado Extra

Los productos de este grado deben cumplir además de los requisitos generales con los siguientes parámetros; la forma y color deben ser característicos de la variedad, no deben presentar defectos, a excepción de aquellos superficiales muy leves que pueden presentarse en la cascara y que no afecten al aspecto general del producto, así como su calidad y estado de conservación.

Grado I. Presentar el color y la forma característica de la variedad. Se admiten defectos leves de color y cicatrices superficiales que no superen el 5% del total del fruto.

Grado II. Si el producto cumple los requisitos mínimos generales, se admiten defectos leves de color y cicatrices superficiales que no superen el 10% del área total del fruto.

Calibre

Se determina por el diámetro en mm de la sección ecuatorial de la fruta la longitud, en mm y la masa expresada en g. La tolerancia acepta hasta el 10% en número o en masa de frutos, correspondiente al calibre inmediatamente inferior o superior, la correlación para el tomate de árbol *Solanum betaceum* Cav se muestra en la ilustración 21.

Ilustración 1.6: Calibres del tomate de árbol.

Calibre	Diámetro, D, en mm (ver 8.1.1)	Longitud, L en mm (ver 8.1.1)	Masa promedio, M, En g (ver 8.1.2)
Grande	$D \geq 55$	$L \geq 70$	$M \geq 120$
Mediano	$45 < D < 55$	$60 < L < 70$	$60 < M < 120$
Pequeño	$D < 45$	$L < 60$	$M < 60$

Fuente: (32)

CUESTIONARIO

1. El contenido de proteína en frutas es:

- a. Alto
- b. Extremadamente Alto
- c. Bajo
- d. Medio

Justificación: El contenido de proteína en frutas es bajo ya que la mayoría no supera el 1% (6).

2. Las frutas pueden clasificarse según su forma es:

- a. Flores, Bayas, Frutos secos, Bulbos
- b. Pomos, Drupas, Bayas, Frutos secos
- c. Pomos, Frutos, Frutos secos, Bulbos
- d. Drupas, Bayas, Bulbos, Frutos

Justificación: Las frutas pueden clasificarse según su forma en: Pomos (manzana, peras), Drupas (durazno, ciruela), Bayas (frutillas, uva, frambuesa) y Frutos secos (avellana, nuez, pistacho) (6).

3. ¿Qué factores entran en la calidad sensorial?

- a) Aquellas relacionadas con la calidad organoléptica
- b) Están relacionadas con las normas de FDA o UE
- c) Intervienen en la cantidad de nutrientes de los frutos
- d) Intervienen directamente con las leyes de cada país

Justificación: La calidad sensorial se percibe por medio de los órganos de los sentidos, se pueden percibir por la piel, boca, ojos, nariz, lengua (33).

4. La contaminación por micotoxinas se da por _____ inadecuado, poca _____ entre el producto, una alta _____ en tubérculos

- a) Procesado - luminosidad – distancia
- b) Almacenamiento - distancia – luminosidad
- c) Transporte – distancia – humedad
- d) Calor – humedad – luminosidad

Justificación: Un almacenamiento inadecuado, que no proteja productos contaminados de los que no, que no guardan la distancia entre los frutos, pueden hacer que los mohos transfieran sus micotoxinas. Además, la luz, luminosidad y humedad alta también ayudan a la contaminación por micotoxinas (34).

5. Las técnicas de muestreo no probabilístico son muy útiles en el campo de la poscosecha porque los datos obtenidos son confiables.

(V) Verdadero

(F) Falso

Justificación: Las técnicas de muestreo no probabilístico no arrojan resultados confiables debido a que no se utiliza la aleatorización y por tanto puede presentar datos sesgados (26).

6. El índice de madurez es una característica de calidad que relaciona:

- a. Acidez / SST
- b. SST/Acidez
- c. Índice de color/mm de los frutos
- d. ml NaOH/Índice de color

Justificación: El índice de madurez analiza la calidad interna del fruto relacionando la cantidad de sólidos solubles totales (SST) °Brix y la acidez titulable (29).

7. La poscosecha es un proceso que comienza con la siembra de los productos agrícolas después pasa a ser cosechado y luego llevado a la mesa del consumidor final.

(V) Verdadero

(F) Falso

Justificación: La poscosecha comienza en la cosecha del producto agrícola y busca minimizar las pérdidas y optimizar los recursos desde el momento de la cosecha hasta el consumidor final (4).

8. Cuáles son las operaciones poscosecha más comunes en el manejo de frutas y hortalizas.

- a) Planificación de cosecha
- b) Cosecha
- c) Selección
- d) Control de calidad

Justificación: La poscosecha tiene varias operaciones que pueden variar dependiendo el producto sin embargo siempre se realiza una selección de productos, al igual que el control de calidad para garantizar la inocuidad de los productos (4).

9. Dos de los índices de maduración de las frutas y hortalizas son:

- a) Transpiración
- b) Respiración
- c) Firmeza
- d) Acidez

Justificación: Los índices de maduración son pruebas y parámetros que nos sirven para identificar cuál es el mejor momento de recolección del producto (9).

10. En la respiración, el fruto consume oxígeno y desprende dióxido de carbono, azúcar y vapor.

(V) Verdadero

(F) Falso

Justificación: En el proceso de respiración del fruto es importante saber que consume oxígeno y que desprende dióxido de carbono, agua y calor ya que esto influirá directamente en su calidad, características organolépticas y su tiempo de conservación (15).

2. OPERACIONES PRINCIPALES EN PLANTAS EMPACADORAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS

La FAO define “Poscosecha” como el momento en el que la recolección de frutas u hortalizas es separada de la planta, para ser preparado para el consumo y finaliza cuando este alimento entra en posesión del consumidor en los mercados.

En un sentido amplio, es el tiempo entre la recolección y el consumo, incluyendo las etapas de preconservación, industrialización, transporte y comercialización.

En general, el funcionamiento de cada línea de envasado depende de los procesos asociados a cada tipo de producto, pero todos siguen una línea de base técnica que se puede resumir en tres apartados principales: selección o clasificación, limpieza, desinfección y ex post facto. Es una tendencia. Procesamiento-Procesamiento de la cosecha.

Ilustración 2. 21. Clasificación de frutas según el tamaño.



Clasificación: Antes de pasar a la siguiente tarea, es necesario realizar una clasificación preliminar del producto para eliminar partes invendibles y sustancias extrañas (restos vegetales, tierra, piedras). Todo el material descartado debe retirarse del almacenamiento inmediatamente o recolectarse para su eliminación posterior.

Estos desechos por lo general son vendidos como abono a centros de cultivo para aprovechar cada parte de la materia prima y se la separa lo antes posible para evitar contaminar el producto que está listo para el mercado.

Ilustración 2. 22. Lavado y desinfección de frutas en empacadoras.



Lavado: el lavado es para eliminar cualquier agente que perjudique la calidad de la fruta como la tierra o polvo o residuos químicos que pueden haberse depositado durante su misma recolección y se pueden eliminar mediante un lavado o un cepillado con una máquina, cada operación es con el mayor cuidado para evitar cualquier daño en la fruta o hortaliza porque cualquier daño puede acelerar el deterioro de esta. Se recomienda en su lavado jabones con características acidas, para lograr la eliminación de cualquier suciedad de fruto y otros residuos. El lavado se efectúa con agua potable para evitar que la fruta sea expuesta a contaminantes que puedan causar putrefacción acelerada del producto por eso se evita el agua reutilizada o estancada.

Desinfección: Se considera importante porque es un aspecto para garantizar la higiene del producto. La desinfección incluye el tratamiento posterior a la cosecha, el uso de desinfectantes con ácido peroxiacético reduce el potencial de transmisión de patógenos a través del agua desinfectada, cura las heridas y cortes de la fruta y transmite estos organismos. Funciona al reducir las pérdidas poscosecha.

Ilustración 2. 23. Máquina para la aplicación de cera en frutas y verduras.



Cera: Consiste en la aplicación de un recubrimiento, los recubrimientos de cera para frutas y verduras son barreras comestibles destinadas a reducir la velocidad de la respiración y evitar la deshidratación de las frutas, semipermeables al gas y al vapor de agua. Evitando su deshidratación, reductoras pérdidas de rigidez, supresión del pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración (maduración retrasada), mantenimiento de las propiedades sensoriales y deterioro por microorganismos patógenos. Controla, mejora la apariencia y prolonga la vida útil de la fruta.

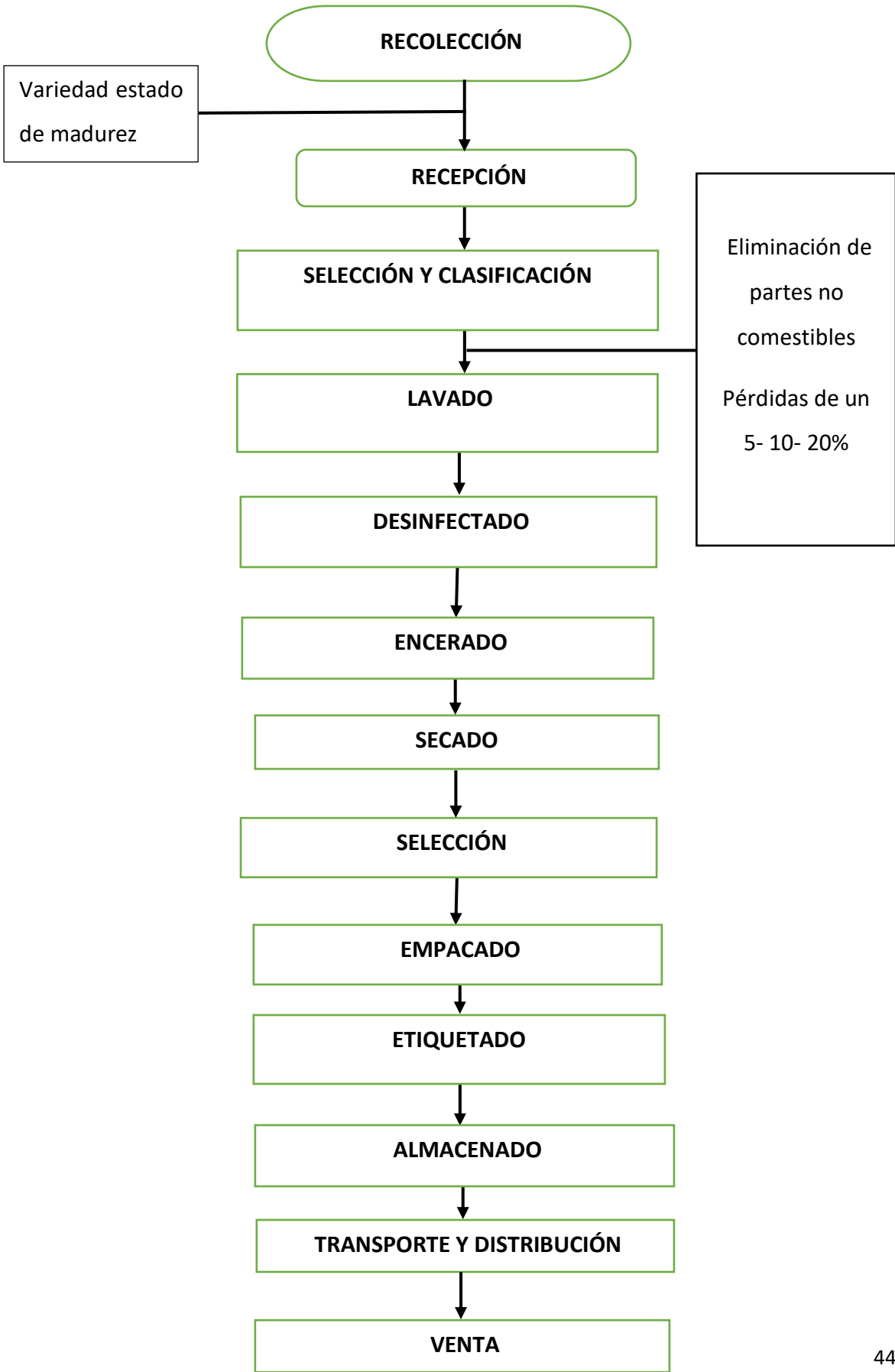
Trato especial: Algunos productos reciben un trato especial. El procesamiento principal es el siguiente.

Fumigación: Diseñado para combatir plagas como la *Drosophila*. Es esencial para las exportaciones en muchos países y es necesario equipos y conocimiento sobre fumigación.

Maduración artificial de las frutas: Tiene una duración de varios días y requiere procesar la fruta con gas etileno en un almacén aislado en condiciones especiales. Al mantener los alimentos frescos fríos y secos, protegerlos de daños y enviarlos al mercado rápidamente, puede minimizar las pérdidas durante el trabajo posterior a la cosecha (35).

En el siguiente diagrama se detallan las operaciones que se realizan en una planta industrial que empaca de frutas y hortalizas, desde la recolección hasta la venta:

DIAGRAMA OPERACIONES DE UNA PLANTA EMPACADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS



2.1. Equipos e insumos

2.1.1. Máquinas para recolección Frutas

Máquinas para recolección de frutas. Para poder recolectar las frutas en su mejor estado se observa su color o también su consistencia de la pulpa para recolectar tanto frutas como hortalizas (14).

Ilustración 2. 24. Recolección de frutas y hortalizas.



Pértiga

Recogedor de fruta: Gardena 3110-20 Recogedor de frutas. Este aparato es cómodo y facilita al trabajador el recolectar las frutas que estén más alto en el árbol frutal, siendo resistente y con una cuchilla incorporada para facilitar el corte de la fruta, y produce un efecto de bocado facilitando la recolección (36).

Carretillas autopropulsadas:

Este tipo de maquinaria son facilitadoras para el transporte de la fruta cuando se está recolectando al transportarlas en cajas o palos.

Dependiendo el tamaño vienen en diferentes formas para facilitar la movilización, las más grandes vienen con orugas, motos a gasolina y pueden soportar un 30% de inclinación y cargar hasta 500 kg. (37).

Ilustración 2. 25. Carretillas autopropulsadas.



Plataformas para la recolección de frutales

Máquinas de soporte elevado que ayuda al recolector acceder a la cubierta de los árboles para recolectar la fruta. Sin maquinas autopropulsadas desplazándose por las calles o filas entre los frutales.

Ilustración 2. 26. Tipos de plataformas de recolección de frutas y hortalizas.



Existen tres tipos: individuales, múltiples y de cintas transportadoras.

Plataformas individuales

Esta maquinaria está compuesta por una cesta donde se coloca al recolector en el extremo de un brazo articulado, el brazo es colocado encima de un bastidor autopropulsado que

arrastra un pequeño remolque para poner cajas o palots para poner las frutas recolectadas, mientras el resto de trabajadores recolecta las frutas de las partes bajas de los árboles.

La plataforma es controlada a través de un mando de control por el trabajador, la potencia del motor es de 12 CV y la transmisión de ruedas es hidrostática (37).

Ilustración 2. 27. Plataforma individual para recolección de frutas.



Plataformas múltiples

La función de las plataformas múltiples es similar a las individuales, facilitando la recolección a los trabajadores acercándoles a la copa de los árboles frutales y poder recolectar la fruta, pueden transportar hasta 8 personas donde tienen los palots ubicados en el centro de la plataforma para depositar las frutas recolectadas.

Siendo maquinas autopropulsadas con motor a diésel o eléctrico y se desplazan de manera lenta en una velocidad entre 0-1 km/h y pueden llegar a 5 km/h si es necesario y también suelen tener sistemas para compensar pendientes esta función es automática tanto transversal o lateral ayudando a recolectar las frutas cómodamente en zonas muy inclinadas. Su manejo puede ser automático mediante sensores de igual que las plataformas individuales sus ruedas son hidrostáticas con una potencia mayor de al menos 30 CV. (38).

Ilustración 2. 28. Plataforma múltiple para recolección de frutas.



Plataformas múltiples con cintas transportadoras

Es similar a la plataforma múltiple se diferencian solo por las cintas transportadoras. En la parte trasera se coloca las cajas o palots y hasta estas accede una cinta transportadora situadas en los distintos brazos desembocan en la parte trasera donde llegan las cajas o palots con las frutas para facilitar la recolección.

Ilustración 2. 29. Plataforma de múltiples cintas transportadora de frutas.



Sacudidores, agitadores o vibradores

Esta se emplea cuando los frutos aún no caen al suelo, estas máquinas se ensamblan a el tronco y da pequeñas sacudidas provocando la caída de los frutos, evitando la que

intervenga los trabajadores de manera manual. Tienen un sistema de recogido que pueden ser plataformas o cintas transportadoras que lleva la máquina, paraguas invertidos utilizados generalmente en olivares simples mallas o telas desplegadas debajo de los árboles (39).

Ilustración 2. 30. Sacudidores, agitadores o vibradores.



Barredoras

Máquinas que barren frutas caídas del árbol en el suelo. En la parte trasera llevan una tolva donde están las bajas o palots para ubicar las frutas recogidas, hay maquinas arrastradas o autopropulsadas. Las autopropulsadas tienen una potencia de 60.80 CV y una capacidad de 1 metro cubico en la tolva, utilizadas comúnmente en recolección de castañas y es usada en combinación con sacudidores de tronco, barredores en caso de no usar una malla para Recoger las frutas. Puede causar daños a los frutos que después de la recolección serán clasificadas para poder venderlas (40).

Ilustración 2. 31. Barrederas de frutas y hortalizas.



2.1.2. Máquinas para recolección de Hortalizas

Cosechadora de remolacha: Principales operaciones de la cosechadora de remolacha: deshojado, descoronado, arranque, limpieza, almacenamiento temporal y trasvase al remolque. Su objetivo es reducir el exceso de cantidad de hojas y tierra en la recolección como garantizar no dañar la remolacha (41).

Ilustración 2. 32. Máquina cosechadora de remolacha.



Tipos de cosechadoras de remolacha

Las cosechadoras arrastradas por un tractor y las cosechadoras integrales o autopropulsadas (42).

Deshojado o defoliado

Reduce la cantidad de hojas. El sistema consta de una serie de cuchillas que cortan y trituran las hojas de la planta. También puede ir acoplado un esparcidor lateral en algunas cosechadoras, que expulsa los restos vegetales facilitando labores posteriores (42).

Descoronado

Estira la corona del cultivo que no contiene azúcar y es poco aprovechada en la industria azucarera con un corte horizontal al nivel de la zona de nacimiento de las primeras hojas.

El corte no puede ser ni muy alto ni muy bajo ya que si es alto supone pérdidas del producto y si es muy bajo supone una pérdida de peso en la cosecha.

Arranque

Se extrae la remolacha con mínimos daños y además el sistema de arranque posee un sistema de limpieza, es conveniente extraer de manera vertical levantar la menor cantidad de tierra (43).

Existen varios tipos de arrancadoras:

Arrancador de púas

Arrancador de rejas

Arrancador de discos rotativos

Ilustración 2. 33. Tipos de arrancadores.



Limpieza

Se realiza con cribas de cadenas sacudidoras, ruedas centrífugas, tambores rotativos, bandas transportadoras, rodillos estrellados o rodillos de púas (44).

Almacenamiento temporal

Realizado en una tolva incorporada para el acopio de raíces tuberosas, siendo un almacén formado por barras, actualmente las tolvas de mayor volumen son de 40-50 m³, sabe tener un segundo depósito para almacenar hojas y coronas para alimentar animales rumiantes (44).

Trasvase al remolque

Se realiza cuando la tolva está llena o durante la misma cosecha para aumentar la productividad y no perder tiempo, los equipos auxiliares para las descargas son cintas transportadoras plegables o brazos articulados con plataformas.

Cosechadoras de papas

Estas Cosechadoras están con 1, 2 o 3 cadenas en parrilla. Cuanto más arcilloso sea el suelo, más cadenas se utilizarán para separar con éxito el suelo de las papas. El objetivo no es llenar la bodega con tierra sino con papas. La primera cadena también funciona en la parte delantera como una cinta excavadora. En la parte inferior y delantera de la máquina hay dos rodillos con forma de diábolo, cada uno con tres cuchillos (que se muestran en gris en la foto del lado derecho de la página). El cuchillo se clava en el suelo, lo recoge con las patatas a cosechar y lo empuja hacia la cadena.

Todas las cadenas tienen vibradores ajustables. El tazón guía las papas en fila a medida que caen, lo que permite que la cosechadora las levante fácilmente a un camión o remolque que las transporta desde el campo. La cosechadora SAMON también viene con cadenas de cosecha de varios anchos. También se fabrican accionamientos hidráulicos (45).

Ilustración 2. 34. Máquina cosechadora de papa.



Cosechadoras de cebollas

Gracias a un innovador sistema patentado de recogida por tamizado con rodillos giratorios y dedos de goma, se trata de una máquina hidrostática autopropulsada capaz de recoger incluso las cebollas más delicadas con una calidad igual o superior a la recogida manual. Proporciona una producción diaria de 100-200 toneladas (45).

Es una máquina que se puede recoger directamente con o sin bombillas arrancadas, evitando el proceso de arrancado con las consecuencias de colisiones y rayaduras.

Equipado para jaulas (loros), también se puede equipar para llenar sacos de material a granel y cuello de cisne, y según el tipo de arena o tierra liviana, se puede poner en marcha inmediatamente después del rascador. Además, opera en el mismo espacio que un tractor de siembra y se puede operar de acuerdo al ancho de vía de cada finca, lo que la convierte en una máquina versátil. Integra motor Perkins Tier IV con equipo mecánico, bomba hidráulica Linde de 102 HP y cuatro motores Poklain o Linde Wheel de 25 kW. (46).

Ilustración 2. 35. Cosechadora de cebolla.



Cosechadora de espinacas

Esta cosechadora tiene ruedas autopropulsadas apta para la recolección de todo tipo de hortalizas de hoja como rúcula, espinacas, cogollos tiernos, albahaca, hierbas aromáticas y acelgas. Motor diésel de 4 cilindros refrigerado por líquido y transmisión hidráulica de tracción en las 4 ruedas. Este modelo es rentable mientras mantiene la calidad y precisión de las máquinas ORTOMEC debido a su facilidad de construcción e instalación, tipos de servicio y reducción general del peso de la máquina.

Esta máquina utiliza muchas soluciones técnicas existentes en máquinas de alto nivel como: un sensor electrohidráulico logrando los mejores resultados al cortar el producto. Para cultivos de invernadero y pequeñas y medianas explotaciones que trabajen al aire libre. La longitud del banco de trabajo puede ser de 100 o 170 cm según las necesidades del cliente. Amplitud del cabezal cosechador: 130-180 cm. Ancho de vía: 145-210 cm. (47).

2.1.3. Maquinaria de operaciones principales en empacadoras de frutas y hortalizas

Ilustración 2. 36. Máquina cosechadora de espinaca.



Lavadora de frutas

La lavadora de frutas y verduras FW se utiliza para lavar y desinfectar puede manejar todo tipo de frutas con flotabilidad positiva o negativa, el producto se introduce en la lavadora mediante un chorro de agua combinado con un sistema de compartimiento de paletas de velocidad variable. El sistema está montado en el costado de la lavadora y es accionado por dos cadenas de plástico conectadas por una serie de cuchillas espaciadas, se puede ajustar el tiempo de residencia, se puede remover la paleta para un flujo libre ininterrumpido.

Un transportador modular montado en la parte inferior del tanque le permite controlar y transportar productos de flotación negativa desde las lavadoras hasta el elevador de descarga. Para mejorar el efecto de limpieza tradicional, hay un sistema especial de transferencia de aire que mejora los resultados de limpieza/limpieza. El agua se recoge en un tanque separado dotado de una bomba y un tamiz previamente a su recirculación (48).

Ilustración 2. 37. Máquina lavadora de frutas.



Capacidad

La lavadora tiene una capacidad y es depende del producto las dimensiones y el tiempo de lavado (49).

Agentes desinfectantes

Desinfectantes más comunes usados son el hipoclorito en forma de sodio o calcio es la opción más conocida para desinfectar frutas y verduras frescas. Son fáciles de usar y, por lo general, no son caros, pero debe asegurarse de que se disuelven por completo durante el uso. Dependiendo de la formulación particular, el contenido de hipoclorito de este producto es típicamente del 65 al 70 %.

La dosis de hipoclorito utilizada es de 100-200 ppm (mg L⁻¹). Una cantidad ligeramente superior (hasta 400 mg L⁻¹) solo se puede utilizar para desinfectar vegetales subterráneos (papas, batatas, zanahorias) (48).

Secadoras

Se encarga del exceso de agua y hortalizas después de haber sido lavadas.

Ilustración 2. 38. Secadora de frutas y hortalizas.



Enceradoras

El encerado es una técnica de conservación frutícola muy utilizada que consiste en la construcción de una barrera de protección entre el producto y el ambiente para disminuir su respiración y su desgaste. Las ceras más adecuadas son la cera de carnauba y la goma laca, se usa ceras animales y también vegetales. Por otro lado, para frutas no climáticas como los cítricos se puede utilizar cera de óxido de polietileno además de la cera anterior (50).

Drenadores

Este proceso es para eliminar la excedente de agua de las frutas y hortalizas recién lavadas y para limpiar el agua sucia después del proceso.

Clasificadoras

Se utiliza para separar frutas y hortalizas de acuerdo con su tamaño por medio de rodillos paralelos de inicio progresivo (51).

Equipo de empackado envolvedora flowpack bf100h

La envolvedora automática de alta velocidad forma tres almohadillas de sellado y mejora mucho la apariencia del producto (52).

Se utiliza para envasar productos sólidos que requieran protección de agentes externos de forma individual o en lotes, dentro de las dimensiones indicadas en la ficha técnica (52).

2.2 Limpieza y lavado de equipos de la planta empacadora de frutas y hortalizas

El propósito del proceso de limpieza es eliminar los restos de suciedad para que el desinfectante pueda eliminar los distintos tipos de bacterias que existen sobre los alimentos en contacto con la planta. Los procedimientos de limpieza deben realizarse de forma consecutiva, teniendo en cuenta que la tarea se realiza de arriba hacia abajo, esto evitará que el agua utilizada para la limpieza salpique en el área limpia, de esta forma, el suelo y el sistema de drenaje serán donde se limpie el final.

Es importante que todas las operaciones de limpieza en las diferentes áreas se realicen a tiempo, para que todos los pasos de desinfección se realicen satisfactoriamente. El uso de productos químicos en el proceso de limpieza debe manejarse con sumo cuidado. Hay que familiarizarse con el contenido o las instrucciones de la etiqueta del producto que está manipulando. (53). Estos son: abrir, cerrar, mezclar, cargar o aplicar concentraciones de soluciones de estos productos; siga las instrucciones de dosificación recomendadas en la etiqueta. Los empleados deben protegerse cuando usen productos químicos, así como frutas, equipos y materiales de empaque (53).

Ilustración 2. 39. Limpieza y lavado de equipos.



2.3. Selección y Clasificación

El producto debe clasificarse previamente para eliminar partes no comestibles y cuerpos extraños (restos de vegetales, tierra o piedras) antes de proceder con el procesamiento. Todos los materiales descartados deben retirarse inmediatamente del almacenamiento o

recolectarse para su posterior procesamiento. A partir de entonces, los desechos podridos o contaminados que se acumulan en el almacén o cerca de él pueden eventualmente contaminar el producto que ingresa al mercado. La clasificación de los productos se lo realiza dependiendo del tamaño de su madurez, el cual nos va a permitir dividir en tamaños es decir lo que son partículas pequeñas y partículas grandes (54).

Ilustración 2. 40. Máquina clasificadora de fruta.



2.4. Lavado y desinfección

La finalidad del lavado es reducir los microorganismos, para realizar el lavado de una fruta, se puede utilizar un método fácil, hay que tener en cuenta que para realizar la desinfección se debe ejecutar el lavado, este lavado debe hacerse con agua lo más pura y limpia posible y, si es necesario, se debe agregar hipoclorito de sodio para que sea potable (55).

Ilustración 2. 41. Limpieza y lavado de piña.



Lavado

El lavado se puede realizar según el tipo de producto a procesar y generalmente por varios métodos (ducha, inmersión, tambor rotativo, lavadora vibratoria, etc.), pero la ley exige la adición de desinfectantes, no está claramente definido que haya. El agua de lavado se utiliza en este proceso suele utilizar agua clorada desinfectante (56).

Ilustración 2. 42. Ingreso del producto a la máquina de limpieza.



Sistemas de lavados

➤ Sistema de enjuague

En este sistema es importante asegurar el movimiento del agua de lavado asegure las tres gotas de lejía ya que esto permite un contacto superficial adecuado entre el agua de lavado y la fruta o verdura por un lado y la eliminación por el otro.

➤ El sistema de filtro

Este sistema puede eliminar hojas, suciedad, suciedad, etc. Este diseño permite tiempos de contacto más prolongados con los desinfectantes y minimiza la exposición microbiana al producto resultante (57).

Además, el diseño de estos sistemas de lavado debe tener en cuenta el tipo de producto a limpiar. Los productos delicados, como el brócoli, la lechuga y los tomates, generalmente se sumergen en tanques de agua para minimizar el daño a los tejidos, mientras que otros vegetales más duros, como las zanahorias y las papas, eliminan la suciedad adherida. Se pueden colocar en un útil sistema de cepillos. Existen alimentos a los cuales se puede realizar lavado en seco, mediante cepillado, raspado o soplado de aire.

Lavado en seco

Es una operación de separación que elimina contaminantes de diferentes tamaños (más grandes o más pequeños que la materia prima) pasando las partículas más pequeñas a través de un tamiz o malla con perforaciones de un tamaño específico. Sujeto a los siguientes factores:

- Las materias primas deben resistir Manipular ya que abusará de frutas o verduras que tengan poca consistencia (58).
- Método solo funciona si las partes más finas a separar (quizás contaminantes o materias primas) son esféricas o pueden atravesar una malla.

Ilustración 2. 43. Máquina de Lavado en seco.



Uso y calidad del agua para el lavado de frutas

Buenas prácticas de fabricación (GMP) para el agua utilizada para alimentos y superficies en contacto con en la planta de envasado, se debe implementar la documentación de calidad del agua para la determinación de coliformes totales, coliformes en heces, E. coli y

E. coli H: 0157. Al ser manipulado un fruto dentro del agua existe una firmeza muy dura. El agua es un medio para reducir la contaminación, pero también puede ser una causa directa o indirecta, dependiendo de cómo se use y maneje (59).

El cloro se usa típicamente en concentraciones entre 50 y 200 partes por millón (ppm) de cloro total, con tiempos de contacto de 1 a 2 minutos. Un pH del agua de 6 a 7,5 es el más adecuado para una limpieza eficaz y un daño mínimo al dispositivo (58).

Ilustración 2. 44. Lavado y desinfectado de piña.



Desinfección

El uso de desinfectantes antibacterianos en el agua de lavado es útil para reducir los microorganismos patógenos que se ubican sobre la fruta por exceso de agua. La eficacia de un desinfectante depende de:

- Su naturaleza física o química,
- Las condiciones de procesamiento,
- La resistencia de los microorganismos patógenos,
- La naturaleza de la superficie de la fruta (60).

Tipos de desinfectantes para frutas y hortalizas

- **Dióxido de cloro (ClO₂).** - Se utiliza en plantas empacadoras de frutas esto evita que la materia orgánica en el agua se pueda ajustar a su pH teniendo así unas concentraciones bajas de 3 a 5 ppm.

➤ **Ozono(O₃).** - El ozono gaseoso no deja residuos en el producto en comparación con el ácido peracético. Es un oxidante aún más fuerte que el cloro y es muy efectivo para usar en las siguientes concentraciones 1-2 ppm. (61).

2.5. Encerado

Es la aplicación de cera, el recubrimiento de cera de frutas y verduras tiene una barrera comestible y semipermeable a los gases y vapores, cuyo fin es reducir la frecuencia respiratoria y evitar la pérdida de alimentos. Jugo de frutas (pérdida de peso), reduce la caída del cabello, estabiliza el pardeamiento enzimático y las reacciones metabólicas asociadas con la maduración (ralentiza la maduración), mantiene el control de las propiedades organolépticas, controla el deterioro de los microorganismos patógenos, mejora la apariencia (brillo) y prolonga la vida útil (62).

Tratamientos especiales

Algunos productos tienen métodos de tratamiento específicos, los principales métodos de tratamiento son los siguientes:

Desinfección. Su objetivo es controlar insectos dañinos como las moscas de la fruta. Este es un requisito obligatorio para exportar a muchos países y requiere equipo y conocimientos especializados.

2.6. Secado

El método más común para secar un producto es introducir aire caliente para evaporar la humedad del producto. Sin embargo, este no es el mejor enfoque, ya que el aumento del calor y la humedad pueden aumentar el riesgo de crecimiento de hongos y microbios. Esto, a su vez, puede provocar problemas de corrosión mecánica y posibles daños en el producto debido al calentamiento adicional. Los deshumidificadores de rotor desecante de Munters capturan la humedad del aire y crean una zona de baja presión de vapor en la superficie del desecante. La presión que ejerce el agua en el aire es mayor, por lo que las moléculas de agua se transfieren del aire al desecante, por lo que el aire se deshumidifica (62). A medida que el desecante absorbe la humedad del aire circundante, el aire seco se expulsa al área de proceso y el flujo de aire reactivado expulsa el aire húmedo. La idea básica del

rotor desecante Monte es simple: El aire pasa a través de la estructura del rotor, la humedad del aire es absorbida por el desecante y el aire sale del rotor como aire seco. Gracias al uso de un deshumidificador Munters, se pueden mantener condiciones constantes, lo que se traduce en una salud, seguridad e higiene muy mejoradas (64).

Ilustración 2. 45. Secado de frutas y hortalizas.



2.7. Empaque

La fruta ya está lista para envasar, para dicho proceso la fruta es enviada hacia envasadores, estas serán clasificadas según su tamaño y madurez, esta clasificación se realiza antes de colocarlas en sus respectivas cajas. El tamaño de la fruta determina cuánto puede llevar la caja, ya que cada (caja) pesa entre 10 y 12 kg, sin importar cuántas piñas contenga. De esta forma, la caja llevará de 4 a 10 frutas, dependiendo de su tamaño y necesidades del cliente) (65).

Ilustración 2. 46. Empacadora de producto.



El área de empaque continuamente debe ser inspeccionada cada cierto tiempo de manera continua para localizar la presencia de contaminación en esta área ya sea por plagas o animales. Asimismo, se debe reducir la presencia de agua y residuos de alimentos para evitar la atracción de plagas.

Es muy importante la eliminación de sitios donde se anidan, permanecen y se esconden mencionadas plagas. El sitio o área de empaque debe mantener una buena higiene y sanidad. El suelo alrededor de toda el área debe mantenerse libre de escombros, basura, malezas y basura.

Es imprescindible el mantener el césped pequeño o recortado, ya que esto permite que este lugar no sea una guarida, madriguera, escondite y alimento de los animales roedores, reptiles y de diferentes plagas. El lugar debe limpiarse diariamente para eliminar los residuos de piña y la fruta desechada. Asimismo, retire todos los elementos innecesarios, incluido el equipo en desuso, para evitar la presencia de roedores y la propagación de ciertas plagas.

Tienen que llevarse registros de control de plagas, para tener un funcionamiento de las fechas de inspección, los informes y los pasos que se deben tomar para arreglar diferentes problemas presentados por la misma. La existencia de plagas presentes en las empacadoras y en sus alrededores son múltiples pero las más importantes y necesarias para mencionar son tres: insectos, aves y roedores. El desempeño y control de estas plagas se hace por dos medios diferentes: control químico y control mecánico o cultural.

El control cultural se basa en remover alimentos, agua y refugios, además de conservar la empacadora enteramente limpia y aseada, independiente de desperdicios y contaminantes. El control químico de estas plagas se basa en asperjar semanalmente la empacadora con insecticidas de contacto, cuyo impacto desaparece luego de 6 horas de ser aplicados, lo cual asegura que no dejan residuos.

Estas aplicaciones se recomiendan llevarse a cabo después de concluir la jornada de trabajo, específicamente en horas de la noche, y deberá ser dirigida por un profesional del área para eludir contratiempos (66).

2.7.1. Tipos de Empaque

Bandejas

Recipiente relativamente poco profundo, con o sin tapa, que se utiliza para alimentos. Existen muchos tipos de bandejas de plástico: utilizadas como envase primario, en contacto directo con alimentos como las bandejas de espuma, transparentes, altas, pelables, tapadas, etc. y los que se utilizan como envase secundario, a menudo formados por calor para otros envases de alimentos (67).

Ilustración 2. 47. Bandejas empaque de fruta.



Bag in box

Este contenedor de alimentos se utiliza para almacenar y transportar líquidos. Consta de un embalaje exterior, normalmente de cartón, y una bolsa de plástico interior. En muchos casos, la bolsa de plástico también lleva incorporado un grifo para dosificar el producto. Una amplia aplicación, por ejemplo, envasado de vino (68).

Ilustración 2. 48. Bag in box empaque para vinos.



Bolsas de un solo uso

Los contenedores flexibles, generalmente empacados en todos los lados excepto en uno, se usan principalmente para transportar productos como frutas y verduras. Pueden ser camisetas, con asas en bucle o con asas recortadas (69).

Ilustración 2. 49. Bolsas de un solo uso para frutas y hortalizas.



Bolsas reutilizables

Son similares a las bolsas de un solo uso en forma y están diseñadas para ser reutilizadas para muchos propósitos. Sus dimensiones también son diferentes a las bolsas de un solo uso, más gruesas, más resistentes, de mayor tamaño y mayor resistencia mecánica (69).

Ilustración 2. 50. Empaque reusable para frutas y hortalizas.



Botellas

El estuche rígido consiste en un cuello redondo con un diámetro relativamente menor que el diámetro del cuerpo y una abertura capaz de sostener un tapón para retener el contenido en su interior. El cuerpo puede ser redondo, ovalado, cuadrado, oblongo o una combinación de estas formas (69).

Ilustración 2. 51. Empaque para jugos.



Botes

Envase rígido que consta de un cuello redondo de diámetro similar al cuerpo y una abertura relativamente grande capaz de soportar una tapa para retener el producto en su interior. Las partes del cuerpo suelen ser redondas o cuadradas (69).

Ilustración 2. 52. Empaque para frutos delicados.



Cajas

Contenedor rígido que consta de una base y cuatro paredes laterales para almacenar y transportar productos como frutas y verduras (69).

Ilustración 2. 53. Empaque para frutas y hortalizas.



Doy-pack

Contenedores flexibles, diseñados para que su fondo les permita permanecer erguidos, llenos o vacíos, suelen tener una soldadura longitudinal en ambos lados y a tope, muchas veces incluyen una boquilla para dosificar el producto, que se cierra con una tapa.

Envases pelables

Consiste en una cubeta o cubeta (según altura) cerrada con un film en la parte superior, de forma que el producto contenido en su interior quede completamente aislado del ambiente exterior. Se dice que es pelable (también conocido como fácil de abrir o EasyPeel en inglés) donde no se requiere mucha fuerza de tracción para separar la película de la tapa de la bandeja o charola.

Ilustración 2. 54. Empaque para tomates.



Film

La capa de material plástico es continua y delgada, y el espesor es bajo. Cuando el espesor es superior a unas 250 micras, ya no estamos hablando de una película sino de una lámina.

Ilustración 2. 55. Empaque film.



Film estirable

Este film tiene una alta resistencia a la tracción, con una tasa de elongación muy alta, y debido a esta propiedad se utiliza principalmente en embalajes, para agrupar unidades de embalaje más pequeñas, también se puede utilizar en otras aplicaciones, como en combinación con bandejas en el envasado de bollería, frutas, etc.

Ilustración 2. 56. Empaque para hortalizas y frutas.



Film retráctil

El tipo de film que, cuando se somete al calor, se encoge en una o dos direcciones (vertical y horizontal). Se utiliza para proteger y fijar el contenido, haciendo que la película entre en contacto con el producto. Un ejemplo serían los envases de queso en forma de cuñas o grupos de botellas en sobres.

Ilustración 2. 57. Empaque film retráctil.



Flow-pack

Este contenedor está compuesto por una membrana con un sello vertical y dos sellos transversales, formando una bolsa sellada para el almacenamiento del producto.

Ilustración 2. 58. Máquina empaadora de frutas y hortalizas.



Garrafa

El estuche resistente incluye un cuello redondo que es mucho más pequeño en diámetro que el cuerpo y una abertura capaz de sostener la tapa para mantener el contenido adentro. Se distinguen de las botellas y latas por su mayor capacidad, así como por las aplicaciones para las que se utilizan. El cuerpo puede ser redondo, ovalado, cuadrado, oblongo o una combinación de estas formas.

Ilustración 2. 59. Empaque de garrafa.



Mallas

Envases constituidos por fibras o tiras de plástico que se entrelazan entre sí formando un patrón regular, utilizados para contener productos en su interior, principalmente con la finalidad de almacenarlos o transportarlos, ya que no sujetan para que el producto sea aislado del exterior. Suele ser de forma tubular y cerrada por dos metales en los extremos.

Ilustración 2. 60. Mallas empaque para frutas y hortalizas.



Tapas y tapones

Pieza de sección circular utilizada para embotellar, latas, garrafas, por presión o rosca. En algunos casos, la función del tapón es únicamente cerrar la tapa de la botella, mientras que en otros casos también se puede utilizar para dosificar el contenido a través de la boquilla, cerrar la bisagra, etc.

Ilustración 2. 61. Empaques con tapas y tapones.



Tubos

El recipiente cilíndrico está sellado en un extremo y tiene un pico en el otro extremo para dispensar el producto. Esta boquilla está cerrada con una tapa (70).

Ilustración 2. 62. Empaque en forma de tubos.



2.8. Almacenamiento

La finalidad del almacenamiento en frío es minimizar la temperatura de la fruta hasta conseguir la temperatura óptima, con el propósito de incrementar la durabilidad del producto a almacenar antes de su comercialización, para que este producto logre mantenerse fresco hasta llegar a su destino con la finalidad de mantener su calidad. El cuarto frío resguarda las frutas hasta entonces de su despacho al puerto o aeropuerto.

Las condiciones óptimas para el almacenamiento y transporte de la piña son 85 a 90% de humedad relativa, a una temperatura de 7 a 12 °C. Es necesario ordenar de manera idónea las cajas en las paletas, de una manera donde encaje los orificios de la parte inferior de las cajas con los de la tarima y poner las paletas dentro del cuarto gélido con las ventanas de aireación expuestas al flujo del viento, esto disminuye la época primordial para conseguir la temperatura adecuada de almacenamiento.

La proporción ideal de la tarima debería ser de 65 a 70 cajas cuando llegue el momento de su transportación marítima. Debería existir revisión constante de la función de refrigeración instalada, para que se acomode a la proporción de paletas que se empacan y al tiempo de enfriamiento disponible. Es fundamental comprobar una y otra vez la temperatura interna de la piña almacenada para eludir que se envíe con temperatura alta y se presenten inconvenientes de sobre maduración, deterioro del producto y rechazo del mismo al llegar a su destino final.

Ilustración 2. 63. Almacenamiento de frutas y hortalizas.



2.8.1 Tipos de almacenamiento

Almacenamiento ambiente

Este es el sistema más básico, pero todavía se usa en muchos cultivos, como (zanahorias, , yuca) y tubérculos (papas), que se dejan en el suelo hasta que se cosechan y están listas para vender. Asimismo, los cítricos y algunas otras frutas se pueden dejar en el árbol. Aunque ampliamente distribuido, el producto es demasiado susceptible a plagas, enfermedades y condiciones climáticas severas que afectan seriamente su calidad. Un almacenamiento a temperatura ambiente tiene un valor de temperatura entre 15 y 30 °C.

Ilustración 2. 64. Almacenamiento al ambiente.



Almacenamiento en congelacion

Una cámara de refrigeracion es una estructura relativamente hermética, aislada térmicamente del exterior y equipada con equipos de refrigeración capaces de extraer el calor generado por el producto para disiparlo al exterior. Debido a la alta tasa metabólica de muchas frutas y verduras, los equipos deben tener una alta capacidad de enfriamiento para eliminar el calor respiratorio.

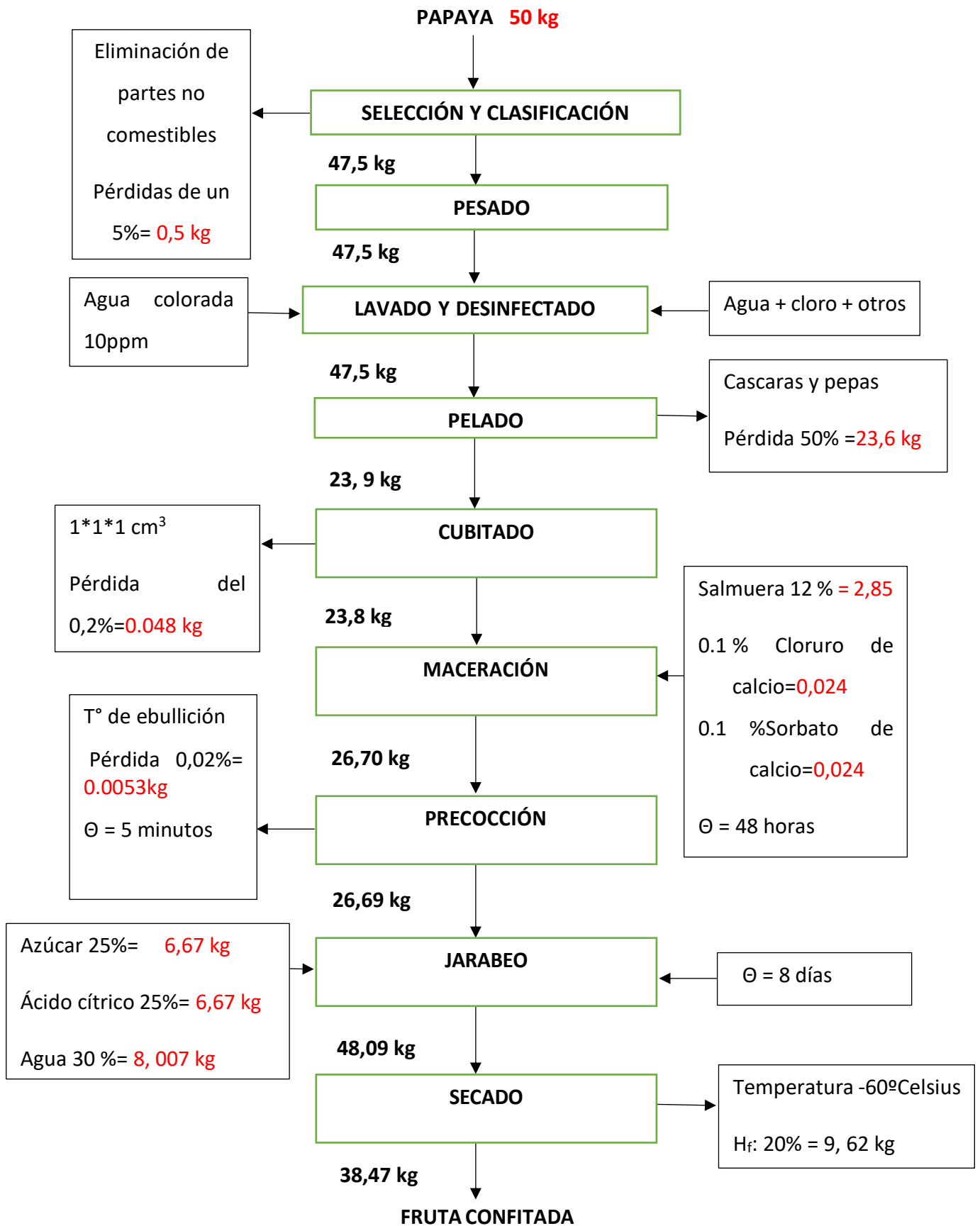
También existe la necesidad de poder controlar con precisión la temperatura y la humedad relativa dentro de la bodega. Cada especie tiene su rango óptimo de temperatura y humedad relativa para el almacenamiento y, en muchos casos, las diferentes variedades tienen diferentes requisitos. Durante el almacenamiento refrigerado prolongado, siempre es conveniente almacenar solo las mismas especies para optimizar los requisitos específicos de temperatura y humedad relativa de la especie en cuestión (56).

Ilustración 2. 65. Almacenamiento en congelación.

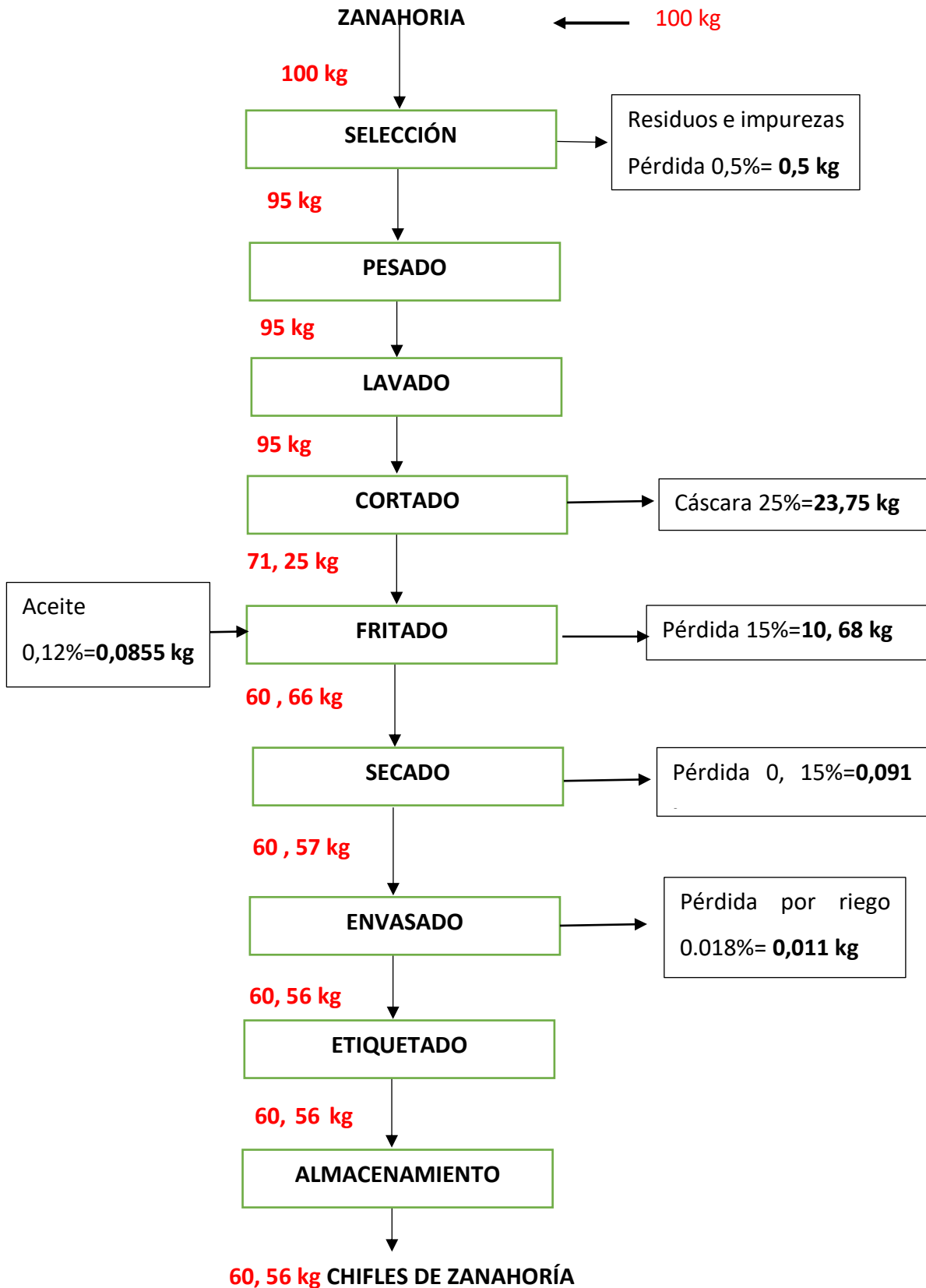


A continuación, en dos diagramas de flujo se detallan las operaciones correspondientes al procesamiento de fruta confitada y al procesamiento de chifles de zanahoria.

2.9 Diagrama de flujo de operaciones de la elaboración de fruta confitada



2.10 Diagrama de flujo de operaciones de la elaboración de chifles de zanahoria



CUESTIONARIO

1. ¿Para qué sirve el encerado en las frutas?

- a) Sirve para reducir la pérdida de alimentos y evitar la frecuencia respiratoria.
- b) Sirve para incrementar la frecuencia respiratoria y evitar la pérdida de alimentos.
- c) Sirve para incrementar la pérdida de los alimentos y evita la frecuencia respiratoria.
- d) Sirve para reducir la frecuencia respiratoria y evitar la pérdida de alimentos.

Objetivo: Determinar las técnicas del encerado y saber cuál es función.

2. ¿Cuáles son las principales en plantas empacadoras de frutas y hortalizas?

- a) Limpieza, Clasificación, Lavado, Desinfección, Encerado, Secado, Empacado, Etiquetado, Almacenado.
- b) Clasificación, Lavado, Desinfección, Encerado, Secado, Empacado, Etiquetado, Almacenado.
- c) Clasificación, Limpieza y Lavado, Desinfección, Encerado, Secado, Empacado, Etiquetado, Almacenado.
- d) Limpieza, Clasificación, Lavado, Desinfección, Encerado, Secado, Etiquetado, Empacado, Almacenado.

Objetivo: Conocer las principales operaciones frutas y hortalizas en una planta empacadora.

3. ¿Cuál es la finalidad del lavado?

- a) Reducir los microorganismos
- b) Aumentan los microorganismos
- c) Mantener los microorganismos
- d) Eliminar por completo los microorganismos

Objetivo. - Conocer la finalidad de lavado en una planta empacadora de frutas y hortalizas.

4. Dentro del empaque las frutas serán clasificadas según su:

- a) Color y sabor
- b) Olor y consistencia
- c) Tamaño y madurez
- d) Suavidad y tamaño

Objetivo. - demostrar la importancia de los clasificados según el tamaño y madurez para dar a entender que las plantas clasifican sus productos según su tamaño y madurez.

5. ¿Cuál es el propósito de la limpieza y lavado de equipos de la planta Empacadora?

- a) El propósito del proceso de limpieza es eliminar los restos de suciedad para que el desinfectante pueda eliminar los distintos tipos de bacterias que existen sobre los alimentos.
- b) El propósito es para eliminar los desechos que están en contacto con la planta o bacterias.
- c) El propósito es para no dejar residuo en las maquinas empacadoras.
- d) Todas son correctas

Objetivo: Es dar a conocer la importancia del aseo respecto a las empacadoras de frutas y hortalizas.

6. ¿Cómo se realiza la selección y Clasificación?

- a) El producto debe clasificarse las que están en buen y mal estado.
- b) El producto debe clasificarse previamente para eliminar las partes buenas.
- c) El producto debe clasificarse previamente para eliminar partes malas.
- d) El producto debe clasificarse previamente para eliminar partes no comestibles y cuerpos extraños.

Objetivo: Mediante esta pregunta voy a dar a conocer cómo se realiza la selección y clasificación de las frutas y hortalizas.

7. ¿Qué tipo de desinfectante se utiliza en una planta empacadora de frutas para evitar que la materia orgánica se ajuste a su pH?

- a) Dióxido de cloro
- b) Ozono
- c) Alcohol
- d) ninguna de las anteriores

Objetivo: Definir que el uso de desinfectantes reduce el número de bacterias en las superficies utilizadas.

8. ¿Cuál es el método más común para secar un producto?

- a) Introducir aire caliente para evaporar la humedad del producto.
- b) Es el de mayor presión que ejerce el agua en el aire
- c) Uso de un deshumidificador Munters
- d) Todas son correctas

Objetivo: Determinar que el secado es un proceso por el cual se ve si el alimento corre el riesgo de deteriorarse.

9. Los equipos e insumos son materiales que facilitan el trabajo del hombre en cualquier campo laboral, gracias a estos se ahorra tiempo y dinero.

(V) Verdadero

(F) Falso

Objetivos: Esta pregunta nos da a conocer sobre las facilidades que nos brindan los equipos en cualquier campo laboral ahorrándonos tiempo y dinero.

10. En las operaciones de plantas empacadoras de frutas y hortalizas, la clasificación se realiza tomando en cuenta su olor y color.

(V) Verdadero

(F) Falso

Objetivo: El objetivo de esta pregunta hace referencia al conocimiento de cómo clasifican y esta clasificación se observa en el producto terminado entrega a supermercados frutas clasificadas por tamaño o su madurez.

3. PRINCIPALES ENFERMEDADES Y ALTERACIONES DE POSCOSECHA EN FRUTAS Y HORTALIZAS

¿Qué son las enfermedades poscosecha?

Muchos factores pueden afectar las frutas y verduras en el momento de la poscosecha. La mayoría de ellos son aspectos de la vida que sufren por naturaleza las frutas y verduras. Pero, también pueden existir factores externos que afecten y exacerben los efectos de hongos y bacterias en los vegetales, dependiendo de la causa, el producto tiene diferentes propiedades ópticas.

También pueden infectarse a través del suelo y directamente sobre la semilla. Las bacterias y hongos suelen ser los patógenos que predominan en pérdidas para la poscosecha. En la imagen 3.67 podemos ver un ejemplo de las enfermedades poscosecha.

Ilustración 3. 66. Enfermedades poscosecha.



“Los cosas que más provocan una podredumbre en los alimentos son las bacterias. Las bacterias poscosecha más comunes son las bacterias del género *Erwinia*, que causan la pudrición suave, o varias especies del género *Pseudomonas*” (46).

¿Cómo se infectan las frutas y las hortalizas?

Ilustración 3. 67. Árbol de plátano.



Infección precosecha

Se produce en frutas o verduras que todavía no entran en un proceso de cosecha, y tienen riesgo a infectarse por la entrada de bacterias, normalmente los que son de un grado inferior, debido a que penetran a través de heridas naturales en las frutas o verduras. Estas infecciones pueden permanecer latentes hasta que el huésped pierda la capacidad de combatir al organismo invasor, por ejemplo, la entrada de *Phlyctaena vagabunda* a través de la piel de la manzana se manifiesta sólo durante el almacenamiento con podredumbre alrededor de las lenticelas” (71). En la imagen 3.68 podemos ver un producto antes de ser cosechado y con potencial riesgo de ser infectado. Por otro lado, también existen hongos patógenos capaces de infectar frutos sanos. Una vez infectado el fruto, la infección cesa, permanece latente y se activa cuando las condiciones son más favorables para su crecimiento, madurez sensorial y senescencia tisular.

Infección poscosecha

“Bastantes hongos que son muy dañinos no penetran la piel directamente, pero si pueden mediante tejidos si la solución está presente inmediatamente sobre la piel, incluso si la lesión es microscópica, puede ser suficiente para alcanzar los patógenos presentes en el

producto o en las instalaciones de manipulación. El corte del pedúnculo que es el rabillo que sostiene el fruto con el árbol, a menudo proporciona una buena ruta de entrada y en muchas frutas y verduras son comunes las grandes pérdidas porque la pudrición comienza a ocurrir en esta etapa. La infección poscosecha también puede ocurrir por penetración directa en la piel, como es el caso de los géneros *Sclerotinia* y *Colletotrichum*” (71). En la siguiente imagen 3.69 podemos ver como el plátano en poscosecha fue infectado.

Ilustración 3. 68. Plátanos poscosecha.



3.1 Mecanismo de prevención y control de plagas y enfermedades en la poscosecha.

Las enfermedades poscosecha representan una amenaza potencial para los cultivos, vegetales y frutas cosechados durante su transporte del campo a la finca, manejo y almacenamiento. Las condiciones biológicas prevalecientes en el almacenamiento de granos proporcionan humedad y pH adecuados para que los hongos y bacterias patógenos crezcan y estropeen los cultivos cosechados. Los pesticidas químicos sintéticos se usan comúnmente para el manejo de enfermedades poscosecha. Sin embargo, el aumento de la resistencia a múltiples fármacos, el cambio climático global y la necesidad urgente de un enfoque ecológico han dado lugar al uso de formulaciones microbianas para controlar las enfermedades poscosecha. Los microbios tolerantes al estrés biótico, sus formulaciones o los ingredientes activos obtenidos a partir de ellos han mostrado un potencial comportamiento antagónico hacia los patógenos poscosecha. Los mecanismos multifacéticos que incluyen el micoparasitismo, la antibiosis, la competencia por el hierro y los nutrientes, la secreción de compuestos antimicrobianos y la inducción de resistencia sistémica inducida en los cultivos les brindan una ventaja sobre sus contrapartes químicas

(72). La fusión de tecnologías innovadoras con formulación microbiana puede asegurar la comercialización y el manejo exitoso de las enfermedades poscosecha de una manera respetuosa con el medio ambiente.

UV-C y radiación

Las enfermedades poscosecha de las frutas tropicales también pueden controlarse mediante irradiación γ. El control de la enfermedad del moho gris poscosecha (*Botrytis cinerea*) de frutos de fresa por irradiación gamma se mejora mediante el tratamiento térmico antes de la irradiación. Se observó una interacción sinérgica entre el calor y la radiación que dio como resultado un nivel de prevención de la pudrición que no se podía obtener con ninguno de los tratamientos por sí solos sin dañar excesivamente la fruta. Se examinó el uso de irradiación gamma por su capacidad para reducir la descomposición de la piña causada por los hongos patógenos *Ceratocystis paradoxa* y *Penicillium purpurogenum*, y también por su capacidad para prolongar la vida de almacenamiento. Los resultados indicaron que la irradiación en varias dosis bajas redujo el desarrollo de la descomposición y aumentó la vida útil (73). Como alternativa a la radiación gamma, el tratamiento UV-C del mango dio como resultado una mejor apariencia general, un menor porcentaje de descomposición y una mayor vida útil.

Efecto germicida de la radiación UV-C en las enfermedades poscosecha.

Ilustración 3. 69. Efecto germicida para proteger tus cultivos de ciertos patógenos.



Las enfermedades poscosecha causadas por bacterias, mohos y levaduras pueden provocar pérdidas considerables de productos frescos durante el almacenamiento y en la cadena de

suministro. El control de las enfermedades poscosecha es, por lo tanto, uno de los objetivos de la tecnología poscosecha de los cultivos hortícolas. De acuerdo con las preocupaciones de los consumidores sobre la seguridad alimentaria y los residuos químicos en la superficie de la fruta, el tratamiento UV-C poscosecha de frutas y verduras se ha considerado como una alternativa a los productos químicos para controlar las enfermedades poscosecha, como se ve en la imagen 3.70.

Varios estudios han demostrado que la radiación UV-C es muy prometedora para controlar la pudrición de la fruta durante el almacenamiento. La dosis requerida para controlar una enfermedad en particular es variable y depende de la sensibilidad a la radiación UV-C y la estructura celular del microorganismo (74).

Generalmente, los mohos tienen una estructura celular más compleja que las bacterias; por lo tanto, son mucho más resistentes a la acción germicida de la radiación UV-C. Además, las conidias con pigmentos oscuros, como las de *Aspergillus niger*, son más resistentes a la radiación UV-C que aquellas con pigmentos débiles. Entre las células bacterianas, las esporas bacterianas son más resistentes al tratamiento UV-C que las células bacterianas vegetativas.

Control biológico alternativo

Se ha encontrado que los microorganismos antagonistas suprimen el desarrollo de enfermedades en la superficie de las frutas. El control de las enfermedades poscosecha de los cítricos mediante el uso de microorganismos antagonistas se realiza de dos formas:

- Utilizando antagonistas epífitos naturales que ya se encuentran en la superficie del fruto.
- Introducción artificial de antagonistas microbianos selectivos que controlan enfermedades poscosecha. Se han realizado muchos estudios que muestran que los microorganismos antagonistas son efectivos para controlar las enfermedades poscosecha de cítricos, manzanas, uvas y fresas, con varios métodos de aplicación.

Los hongos como agente de biocontrol

La utilización de hongos antagónicos para controlar enfermedades poscosecha está menos desarrollada que la de levaduras y bacterias. Los hongos antagonistas muestran un amplio

espectro de control de enfermedades, pero tienen compuestos antimicrobianos volátiles. Se informó que seis hongos antagonistas (*V. lecanii*, *A. pullulans*, *M. albus*, *A. breve*, *T. harzianum*, *T. viride* y *Trichoderma spp.*), controlan las enfermedades de los cítricos y las frutas subtropicales. El biofumigante de hongos *M. albus*, que produce volátiles específicos de bajo peso molecular, se ha utilizado para fumigar limones en almacenes y ha controlado con éxito los hongos patógenos verdes y la pudrición ácida. Este hongo produce 28 compuestos orgánicos volátiles que exhiben algunos efectos inhibidores contra patógenos fúngicos y bacterianos. Este antagonismo ocurre debido a los metabolitos antimicrobianos. El potencial como antagonistas fúngicos puede incrementarse continuamente con métodos mejorados de aislamiento, formulación y aplicación, particularmente en el entorno poscosecha (75).

Inducción de resistencia sistémica

En el manejo de enfermedades poscosecha, la mejora de la resistencia del huésped es uno de los mecanismos importantes del organismo antagonista para controlar la descomposición poscosecha de frutas o productos frescos. La aplicación de microbios antagonistas mejora los genes y enzimas relacionados con la defensa, como la fenilalanina amoniaco-liasa (PAL) y la peroxidasa (POD), CHT, GLU, y también alivia ciertos factores bioquímicos y moleculares, glicoproteínas, fenólicos en el sitio de la infección. Se reportaron numerosos microorganismos antagónicos, que actúan como inductores durante la interacción con el fruto, como se puede observar en la ilustración 3. 71.

Ilustración 3. 70. La Inducción de defensa en las plantas a través de elicitores.



Control biológico

El control biológico (BC) es el uso de microorganismos para reducir los efectos de sustancias nocivas organismos, como los patógenos, y favorecen a los organismos benéficos, como los cultivos, o cultivos productos BC encaja bien con el concepto de agricultura sostenible, porque en su mayoría aprovecha los ciclos naturales con un impacto ambiental nulo o reducido. Entre las estrategias biológicas adoptables en poscosecha, la inducción de resistencia en el fruto, el uso de productos vegetales o animales con actividad fungicida y, sobre todo, la aplicación de microorganismos antagonistas puede ser considerados. BC usando antagonistas se ha convertido en una de las alternativas más prometedoras, ya sea sola o como parte de una plaga integrada manejo para reducir el uso de plaguicidas, claramente se puede ver un que es necesario un control biológico en la ilustración 3. 72.

Ilustración 3. 71. Control biológico de patógenos en poscosecha.



Aislamiento de antagonistas

El primer paso en el desarrollo de BCA es el proceso de aislamiento y selección que influir en gran medida en su eficacia y, en última instancia, en su éxito en condiciones comerciales. El procedimiento de aislamiento de los antagonistas potenciales depende de las características de la infección por patógenos.

Para controlar las enfermedades poscosecha, los investigadores generalmente aislaron microorganismos de frutas y hortalizas justo antes de la cosecha o durante el almacenamiento. La superficie del fruto es una excelente fuente de antagonistas naturales contra la pudrición de la fruta después de la cosecha. La búsqueda de antagonistas en frutos

sanos en la huerta y almacenamiento dio como resultado el aislamiento de muchos antagonistas de bacterias y levaduras ecológicamente aptos contra pudriciones poscosecha (76).

El aislamiento de los antagonistas se puede mejorar usando fruta de cultivos no manejados u orgánicos. Huertas, donde las poblaciones naturales no han sido perturbadas por el uso de productos químicos. El grupo de antagonistas potenciales es mayor que en un sistema convencional manejado químicamente. Se han utilizado una variedad de procedimientos de enriquecimiento que favorecen el aislamiento de microorganismos que crecen de manera eficiente en el sustrato, lo que ocurre en el sitio de infección (herida) que debe ser protegida.

Un método elegante y rápido de aislamiento antagonista fue adoptado por Wilson y sus colegas en 1993. Aplicaron agua de enjuague de tomates y manzanas directamente sobre heridas inoculadas con el patógeno (*Botrytis cinerea*) y antagonistas aislados de heridas que no presentaban ningún síntoma. Esta estrategia permite la selección rápida de una serie de antagonistas potenciales para el control de enfermedades poscosecha de la fruta con un gasto mínimo de tiempo y dinero.

3.1.1 Aplicación de fitosanitarios en poscosecha.

En la actualidad, el principal objetivo de la protección vegetal en el mundo es implementar métodos innovadores y seguros para limitar el desarrollo de plagas en cultivos y en el almacenamiento de materias primas agrícolas y hortícolas. Esto está relacionado con la implementación del concepto de agricultura sostenible que promueve la producción de alimentos de alta calidad de manera socialmente responsable, el uso racional de recursos naturales y reducción de la aplicación de productos fitosanitarios químicos. También es recomendable integrar varios métodos fitosanitarios teniendo en cuenta los requisitos de protección ambiental y salud humana, el uso de productos químicos productos fitosanitarios deben ser por el Código de Buenas Prácticas Fitosanitarias (77). La aplicación demasiado frecuente y descuidada de pesticidas en varias etapas de producción y durante el almacenamiento de materias primas agrícolas y hortícolas contribuye no sólo a la

aparición de razas de plagas resistentes, sino también a la contaminación ambiental y residuos formación en las materias primas producidas y luego almacenadas.

Entre los métodos de protección vegetal, hay agrotécnicos, biológicos, de mejoramiento, mecánicos, métodos de cuarentena, químicos y físicos. Los métodos físicos destruyen directamente organismos nocivos, tienen como objetivo retardar su desarrollo o evitar que se propaguen en el campo y en el almacenamiento de la cosecha.

Medidas para la cuarentena

Debido a las posibles consecuencias desastrosas de tales plagas, las medidas de cuarentena son exigidas por la ley. Las normas de cuarentena prohíben la entrada de plantas o productos vegetales que podría ocultar la plaga no deseada de países donde se sabe que existe. Inspecciones se llevan a cabo en los puertos de entrada con el objetivo de interceptar y destruir material contaminado.

Los tratamientos de cuarentena se pueden clasificar en 3 categorías

Tratamientos químicos

Estos son fumigantes para plagas que se producen en el interior o en la superficie de la planta o producto vegetal. Los tratamientos no químicos comprenden las siguientes 2 categorías

Tratamientos físicos

Son tratamientos de alta o baja temperatura aplicados en diversas maneras. El tratamiento con frío como medida de cuarentena para las moscas de la fruta es un método bastante antiguo. Requiere el almacenamiento a largo plazo de 10 a 15 días de la fruta empacada (cítricos) a temperaturas que oscilan de 0,5°C a 2,0°C (77).

Radiación ionizante

La aplicación de radiación ionizante a los alimentos es una tecnología que mejora la seguridad y la vida útil de los alimentos en el anaquel, mediante la disminución o la eliminación de los microorganismos e insectos.

Las causas reales de las pérdidas poscosecha son numerosas y se pueden clasificar en dos grandes grupos, las causas primarias y secundarias de poscosecha pérdidas.

Las causas primarias de pérdida son aquellas causas que afectan directamente a los alimentos y se clasifican en:

Biológico

Esto se relaciona con el consumo de alimentos por parte de insectos, roedores, pájaros, que resultan en la desaparición directa de los alimentos. A veces, el nivel de contaminación de los alimentos por las excretas, el pelo y las plumas es tan alto, que la comida está condenada al consumo humano. Insectos causan tanto pérdidas de peso al consumo de alimentos como pérdidas de calidad debido a las telarañas, suciedad y olores que imparten a los alimentos.

Microbiológico

Esto se refiere al daño de los alimentos almacenados por hongos y bacterias. A pesar de que los microorganismos generalmente consumen solo pequeñas cantidades de alimentos, lo dañan hasta el punto donde puede volverse inaceptable debido a podredumbre u otros defectos. Sustancias tóxicas producidas por mohos, como las micotoxinas, pueden hacer que los alimentos sean desechados y ni siquiera utilizables como alimento.

➤ **Químico**

Muchos de los componentes químicos naturales presentes en los alimentos pueden reaccionar causando pérdida de color, sabor, textura y valor nutricional. Un ejemplo es la reacción de Maillard que causa pardeamiento en frutos secos.

➤ **Bioquímico**

Una serie de reacciones activadas por enzimas naturales como polifenol, la oxidasa puede ocurrir en los alimentos durante el almacenamiento dando lugar a malos sabores, decoloración y reblandecimiento. Otro ejemplo de este problema son los sabores desagradables que se desarrollan a partir de alimentos congelados, verduras que no han sido escaldadas para desactivar las enzimas responsables antes de congelación (78).

➤ **Mecánica**

Magulladuras, cortes, pelado o recorte excesivo de productos agrícolas también genera pérdidas.

➤ **Físico**

El calor o el frío excesivo o insuficiente pueden estropear los alimentos. Ambiente inadecuado en un almacenamiento muy cerrado a veces causa pérdidas muy significativas.

➤ **Fisiológica**

Las pérdidas respiratorias naturales que ocurren en todos los organismos vivos cuentan para un nivel significativo de pérdida de peso y, además, generar calor.

Los cambios que ocurren durante la maduración, como la maduración, el marchitamiento y la brotación, también pueden aumentar la susceptibilidad de la mercancía a daños mecánicos o infección por patógenos.

Las causas secundarias de pérdidas son aquellas que conducen a condiciones que fomentan una pérdida primaria. Suelen ser el resultado de estructuras de almacenamiento inadecuadas o inexistentes, tecnologías y control de calidad.

3.1.2 Métodos de control alternativos a los fungicidas de síntesis.

➤ **Aplicación de esencias de canela y clavo como alternativa a los fungicidas de síntesis en el control de las podredumbres de limón.**

Los aceites esenciales de canela y clavo como se ve en la ilustración 3. 73, son un conjunto de sustancias completamente naturales, las cuales se prueban desde el año 1940, estas sustancias a lo largo del tiempo han logrado resultados positivos, lo cual ayuda a poder utilizarlas en un futuro en la producción de cítricos.

Estos aceites son muy aromáticos, además es altamente volátil y lipofílico, actúan en defensa de las plantas gracias a sus diversas propiedades antivirales, antifúngicas, insecticidas, además presentan también una elevada actividad microbiana contra mohos, levaduras y varias bacterias de tipo patógeno como en el caso de la *Bacillus anthracis*, *Escherichia coli*, *Enterobacter faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, etc.

Especialmente el aceite de clavo impide el desarrollo *Aspergillus niger* y este es compatible con los derivados de la fruta y la fruta misma, el aceite de clavo se compone de β -cariofileno, α humuleno y acetato de eugenol teniendo como mayoritario un 50 y 98% de eugenol, este es un derivado fenólico y contiene propiedades medicinales, también propiedades antifúngicas y antimicrobianas, por otro lado el aceite esencial de canela tiene un 8% de eugenol, también contiene timol, alcanfor, limoneno, carvacrol y es abundante en cinamaldehído, es antifúngico gracias a la acción que realiza sobre la membrana celular, ya que desestabiliza la membrana, provocando así la muerte celular.

Al aplicar 40 y 200 $\mu\text{L/L}$ de clavo y canela, se encontró que estos redujeron la tasa con la que el limón se infecta de *P. italicum*, en cambio al utilizar 500 $\mu\text{L/L}$, se logró una inhibición del de *P. digitatum* en el limón; La podredumbre verde se logró controlar con el aceite de canela al igual que con el de clavo, siendo un 6% superior el tratamiento con aceite de canela, por otro lado, la podredumbre verde se logró controlar bastante bien utilizando un tratamiento mixto de canela y clavo (79).

Ilustración 3. 72. Esencia de canela y clavo.



➤ **Alternativas a los fungicidas de síntesis para el control de *Geotrichum citriaurantii* y *Penicillium digitatum* en poscosecha de naranjas y mandarinas.**

Ilustración 3. 73. Naranja con *p. digitatum*.



Se recogieron frutos los cuales después de 24 horas se los llevó a un proceso de lavado y secado, después de este proceso se los infectó con patógenos para de este modo realizar diferentes pruebas de eliminación y control de estos patógenos para poder sustituir los fungicidas de síntesis. Las naranjas recogidas fueron infectadas con *P. digitatum* como se ven en la imagen 3.74, mientras que las mandarinas se infectaron con *G. citri-aurantii*, para poder tratar estos patógenos se utilizó como primer tratamiento al Fosfito de potasio con una dosis: 300 cm³ /100 L de producto formulado al 70% (0,21% p. a.), el segundo tratamiento fue realizado con Sorbato de potasio (2%), mientras que el tercer y último tratamiento se lo realizó con Benzoato de sodio (2%).

Como resultado se encontró que el benzoato de sodio logró aumentar un poco el pH de la muestra, por otro lado, el fosfito de potasio hizo que el pH disminuya en la muestra de la naranja y mandarina infectadas, mientras que el sorbato de potasio fue el único el cual logro aumentar el pH, sobrepasando así el rango adecuado en el que las esporas *Penicillium* se desarrollan. Este experimento logró demostrar que hay alternativas completamente eficaces para combatir patógenos en la naranja y mandarina, como es el caso del benzoato de sodio y el sorbato de potasio para eliminar los patógenos *P. digitatum* y *G. citri-aurantii* (80).

➤ **Evaluación de alternativas a los fungicidas de síntesis químicas para el control de enfermedades de poscosecha en durazno.**

Ilustración 3. 74. Durazno con monilinia frutícola.



Se comenzó a realizar pruebas en duraznos los cuales se encontraban infectados de patógenos como el *Monilinia fructicola* y de *Rhizopus* como se ve en la imagen 3.75. Para lograr eliminar y controlar estos patógenos, se experimentó con lo siguiente:

Utilización de cloruro de polihexamethylenediamina guanidinium 1 % (HYG), también el bicarbonato de sodio al 1, 2 y 3 % (BIC)., de igual forma el hipoclorito de sodio 200 ppm (HIP) y gel de Aloe saponaria 1 %.

Para iniciar con el experimento, el *Monilinia fructicola* y *Rhizopus* se cultivaron en Agar dentro de una caja Petri, se obtuvieron los siguientes resultados: se encontró que el polihexamethylenediamina guanidinium 1 % no tuvo casi efecto en la eliminación de los patógenos en el durazno. Por otro lado el bicarbonato de sodio al 3 % fue el que tuvo mayor resultados al momento de eliminar y controlar dichos patógenos., y el gel de Aloe saponaria al 1% presentó un control considerable en la eliminación y control sobre la bacterias que contiene el durazno; No es nada fácil el encontrar alternativas para los productos que reemplacen los fungicidas de síntesis y sean de igual manera super efectivos al momento de querer eliminar los patógenos., sin embargo, se logró observar y descubrir que con el gel de Aloe saponaria al 1% se puede lograr controlar y eliminar los patógenos que se encuentran en el durazno, para ser más específicos de los patógenos *Monilinia fructicola* y *Rhizopus* (81).

➤ **Control de la podredumbre por botrytis cinerea mediante la aplicación de estrategias alternativas a los fungicidas químicos en uva de vinificación.**

Ilustración 3. 75. Uvas con *botrytis cinerea*.



Muchos viticultores han comenzado a reemplazar los fungicidas de síntesis puesto a que contienen muchos químicos y estos afectan al viñedo, han logrado sustituir estos fungicidas manteniendo sus bordes con una riqueza de cubiertas vegetales los cuales logran regular el vigor que tiene el viñedo, sin embargo, esto no es suficiente para lograr eliminar y controlar la podredumbre por *Botrytis cinerea*. Por ende, los viticultores empezaron a utilizar hongos filamentosos de diferentes especies del género *Trichoderma*, al igual que muchas bacterias y diferentes levaduras, incluso hay especies mucho más eficaces como las *T.harzianum*, *T. atroviride*, *T. viride* y *Ulocladium oudemansii*, de las cuales se encontró fórmulas para controlar esta bacteria patógena que cae sobre el viñedo. Se lo puede utilizar de varias maneras al momento de aplicar sobre el viñedo.

Esta opción natural con hongos ayuda a estimular el crecimiento de las plantas y a mejorar las defensas en ellas. Se ha logrado comprobar que el hongo *Ulocladium oudemansii* se encuentra más capacitado para eliminar esta bacteria patógena que daña el viñedo, esto se logró aplicando una técnica de supresión del patógeno que se encontraba en los tejidos necróticos dentro del racimo. Las levaduras y hongos son los organismos más utilizados al momento de eliminar o controlar algún patógeno que se encuentre en la planta. La levadura *Aureobasidium pullulans* logro reducir la tasa de contagio del microorganismo podredumbre por *Botrytis cinerea*, por otro lado, se encontró también otro tipo de levadura la cual es *Candida sake CPA-1*, esta levadura logro controlar y eliminar por completo la patógena podredumbre por *Botrytis cinerea*, de las plantas de una en el viñedo (77), como se ve en la ilustración 3. 77 a la uva con *Botrytis*.

Ilustración 3. 76. Tratamiento de irradiación.



➤ **El control de las enfermedades de poscosecha y las alternativas a los fungicidas químicos convencionales.**

Existen muchas pérdidas las cuales son causadas por enfermedades patógenas en las plantas durante la poscosecha, estas pérdidas por enfermedades se dan mayormente a los cítricos, estos patógenos son *Penicillium digitatum* o *Penicillium italicum*, los cuales son grandes causantes de la podredumbre azul y verde. Estos infectan a los cítricos cuánto ellos presentan heridas o microheridas en la parte de su corteza, antes o después de su recolección. Para lograr evitar y controlar estas enfermedades se han comenzado a aplicar diferentes métodos para así evitar los fungicidas ya que estos contienen muchos químicos. Una de estas alternativas es el **método de control físico**, se emplea el **calor y sus irradiaciones** como un eficiente método para el control antifúngico. Como se observa en la imagen 49, este método es muy eficaz para el correcto control y reducción de la podredumbre causada por el *Penicillium spp*, ya que llena el fruto de con rayos γ , rayos β o rayos X, estas irradiaciones se da en pequeñas dosis de ($2-8 \text{ kJ m}^{-2}$); también se utiliza la **luz UV** la cual es absorbida de una manera más fácil por el fruto, esta ayuda más a evitar que las esporas germinen de las bacterias *P. digitatum* y *P. italicum*, está luz UV se la aplica de (UV-C, entre 100 y 280 nm).

También existe otro método el cual es sobre la **conservación frigorífica**; este método reduce la actividad metabólica que tiene el fruto y por ende su senescencia también se retrasa, permitiendo al fruto mantener la resistencia natural que posee ante posibles enfermedades, como se ve en la imagen 50.

Otro de los tratamientos eficaces que se emplean es el **método de curado y agua caliente**, aquí los frutos serán conservados a altas temperaturas de 30°C, así como también una alta tasa de humedad de unos 90%, este tiempo de curado se lo realiza de 1 a 3 días y se los mantiene en agua caliente de 1 a 5 minutos con una temperatura de 40°C, este método se lo debe realizar con cuidado ya que tiene que observar que el fruto siga en perfecto estado, ya que si se pasa el tiempo en estos tratamientos, la piel del fruto se daña (82). Estos métodos son completamente eficaces combatiendo la podredumbre verde y azul, así como también otras clases de enfermedades que pueden asechar a los cítricos.

Ilustración 3. 77. Cámara.



3.2 Alteraciones por frío en frutas y hortalizas

La temperatura a la que se almacenan es un parámetro que influye de forma importante sobre su estabilidad, pero no tanto en su valor nutricional. Las reacciones químicas que se producen espontáneamente a temperaturas de entre 20 y 25°C (y que afectan a su contenido en nutrientes) se reducen a la mitad con tan solo disminuir dichas temperaturas en 10°C, aunque algunas reacciones todavía se producen durante condiciones de refrigeración (0-5 °C). En cualquier caso, algunas pueden sufrir alteraciones en su textura a causa del frío, en particular los plátanos por debajo de los 12 °C, los tomates y los pepinos por debajo de los 7°C y las manzanas por debajo de 2°C Lo más recomendable es conservar las frescas en la parte más templada de la nevera, salvo los tomates o las frutas tropicales y subtropicales como el aguacate, el plátano o la piña, que, como se ha indicado antes, se conservan mejor en un lugar fresco, fuera de la nevera (83).

Existe la errónea creencia de que la vitamina C del zumo de naranja casero es poco estable, cuando solo condiciones extremas (ej: calentarlo a 120° C) disminuyen de forma considerable dicha vitamina. La vitamina C se conserva perfectamente en el zumo durante varias horas, aunque con el paso de las horas el sabor puede hacerse más amargo (84).

La congelación, por su parte, es un proceso que no afecta prácticamente al contenido en nutrientes de los alimentos, pero que puede resultar una desventaja debido a que puede propiciar cambios en la textura sobre todo en las frutas. Sea como fuere, la congelación es el método más ampliamente aceptado para el almacenamiento a largo plazo de las hortalizas. La industria alimentaria realiza antes de la congelación un escaldado de dichas hortalizas con el fin de inactivar las enzimas, prolongar así su estabilidad y mantener su contenido de nutrientes. Ello disminuye ligeramente el nivel de ciertas vitaminas hidrosolubles menos estables, como las vitaminas B1 y C, pero puede aumentar el de vitaminas liposolubles como las vitaminas A y E, que pueden presentar una mayor biodisponibilidad después de este proceso.

La temperatura en el refrigerador de nuestros hogares se encuentra por debajo de los 4°C ó 40°F. Como ocurre en muchas frutas, cuando guardamos los vegetales por varios días a esas temperaturas, o cuando después de refrigerarlos los transferimos a temperatura ambiente por algunos días más (por ejemplo, en nuestra cocina o despensa) pueden desarrollar un desorden conocido como “daño por frío”, el cual se manifiesta con diversos síntomas, tales como:

- Maduración incompleta de frutas, al no desarrollar su color característico
- Textura desagradable (harinosa) de la pulpa
- Lesiones sobre la superficie, con formación de áreas hundidas
- Pardeamiento del tejido superficial
- Pardeamiento del tejido interno y de las semillas de frutas
- Maceración del tejido
- Mayor susceptibilidad a pudriciones

Algunos de los cambios producidos por el daño por frío son incluso más sutiles, reduciendo el aroma y sabor de nuestras hortalizas, afectando así nuestra experiencia sensorial como

consumidores. Podemos observar en la ilustración 3. 79 el deterioro del guineo a causa del frío.

Ilustración 3. 78. Guineo dañado por frío.



La estructura del guineo mayormente cuando es sometido a temperaturas bajas o sobre exposición al aire reacciona con la enzima polifenol oxidasa la cual se encarga de oxidar el guineo darle una tonalidad marrón como podemos observar en la ilustración (85).

➤ **Enfermedad causada por frío en guineo**

Polifenoloxidasa (oxidación)

Al cortar o dañar la piel de la fruta (por un golpe), se liberan unas enzimas oxidasas, especialmente el polifenol oxidasa (PPO), que al actuar como catalizadores aceleran la reacción de oxidación.

La oxidación de los fenoles se realiza en dos etapas. El oxígeno activa el componente Polifenol Oxidasa en la fruta para tornarla de color cobrizo (85).

Al oxidarse la fruta, no da los nutrientes que son ventajosos para la salud. Las frutas que más se oxidan son las manzanas, los plátanos, los aguacates, las fresas y las frambuesas. Por esta razón, una vez que se cortan, cambian su color muy de manera rápida.

El frío excesivo puede causar hoyos en la corteza o manchas negras y de color rojizo. Es habitual que por esta causa acabe desarrollándose podredumbre (85).

➤ **Enfermedad por frío en el limón**

El moho verde

Ilustración 3. 79. Limón dañado por frío.



Aparece cuando el hongo *Penicillium digitatum* entra por la corteza, forma una zona acuosa en la piel e inicia el proceso de aparición del moho, que adquiere un tono verde a medida que pasa el tiempo. En esta imagen 3.80 podemos observar cómo terminó un limón (86).

La *Alternaria citri*.

Es una infección producida por un hongo del mismo nombre, cuyas esporas llegan al pedúnculo y permanecen ahí latentes hasta que se dan las condiciones adecuadas para su desarrollo, como la exposición a bajas temperaturas durante un tiempo prolongado (87).

La infección por *Colletotrichum gloeosporioides*.

Puede aparecer en cualquier punto del fruto, con un podrido de color marrón oscuro e intenso olor a moho.

Tomate de árbol

A continuación, podemos observar en la siguiente imagen 3.81 como se deterioró el tomate: Se producen cuando el tomate es sometido a temperaturas inferiores a 10-13° C. Estas llevan a alterar el periodo de maduración provocando incapacidad para que se desarrolle por completo el color y el sabor. Además, también provocan la aparición irregular del color o manchado, una suavización prematura, picado, pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (87).

Ilustración 3. 80. Tomate de árbol deteriorado.



➤ **Enfermedad producida por frío en el tomate de árbol**

Hongo *Alternaria*

Esta enfermedad se presenta especialmente en tomates dañados por un exceso de frío. Se observan lesiones recubiertas de una pelusilla corta de color negro.

Geotrichum candidum

La enfermedad produce la desintegración de los tejidos que se ablandan. La piel aparece arrugada, se detecta un olor a vinagre y se observa una pelusilla de color blanco o amarillento (88).

3.3 Alteraciones por Calor en Frutas y Hortalizas

En algunos, las partes verdes tienen mucha densidad estomática, es decir, aumenta el número de estomas por unidad de área. La estoma es la estructura que regula el intercambio gaseoso. Debido a este suceso, se produce un mayor intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, además de una pérdida de agua que favorece la deshidratación y la reducción de la vida útil de la hortaliza. Las partes blancas, por el contrario, realizan un intercambio gaseoso mucho menor, pero la luz afecta más a su coloración y por tanto también a su vida útil.

Los científicos han experimentado iluminar con luz diversos envases con hortalizas y frutas no pigmentados en su interior y han comprobado que presentan atmósferas con mayores niveles de CO₂ y menor contenido en O₂ que los mantenidos en la oscuridad. Además, los

almacenados con luz muestran un aumento de la tasa respiratoria, aunque se ve compensada por la actividad fotosintética de la propia planta. En este caso, la composición de la atmósfera interior del envase y la duración del producto dependen de la permeabilidad del film utilizado (89).

El calor excesivo aumenta la velocidad de las reacciones enzimáticas y de otros constituyentes de los alimentos. Como resultado, las emulsiones se rompen, algunas vitaminas se destruyen, se pierde la humedad, los alimentos se secan y el color, sabor y olor se ven afectados. Mantener un producto entre 5°C y 65°C durante más de dos horas es sinónimo de proliferación de patógenos. A estas temperaturas, las bacterias pueden duplicar su número cada 20 o 30 minutos.

Algunos estudios avalan que los vegetales frescos no sobrepasan las dos semanas de vida útil, que la luz favorece su degradación y que acelera la transpiración y la respiración. Según una investigación llevada a cabo por el Área de Tecnología Alimentaria de la Universidad de la Rioja, dirigida por Susana Sanz y publicado en la revista *Journal of the Science of Food and Agriculture*, la vida útil de las acelgas se acorta 11 días si se exponen a la luz en lugar de mantenerlas a oscuras. Sanz admite que, a pesar de la corta vida de los vegetales, lo más importante debe ser no romper la cadena de frío, controlar la atmósfera del interior del envase y adecuarla al tipo de vegetal que contiene en su interior (88).

El equipo de expertos ha matizado que, en las hortalizas y frutas no pigmentadas, como la coliflor, el espárrago, el puerro y la parte blanca de la acelga, se manifiesta una pérdida importante de color. En las especies verdes como el brócoli y la parte verde de la acelga, en cambio, el atributo sensorial más afectado es la textura. No obstante, la reducción global de la vida útil de los vegetales puede llegar a ser muy significativa. Algunos ejemplos son el puerro, que pasa de durar 26 días sin luz a 18 días con luz; el brócoli pasa de los 14 días sin luz a los 11 con luz; o la coliflor, de 11 días sin luz a 3 días con luz. Según los expertos, actualmente ya se está trabajando en la iluminación y la coloración que mejor evite la degradación de las verduras y su introducción en el mercado (84).

Para Sanz, la exposición a la luz tiene un efecto negativo sobre la calidad sensorial de «los denominados vegetales mínimamente procesados (VMP), es decir, aquellos alimentos listos para su consumo inmediato tras un tratamiento mínimo de lavado, pelado, cortado

y envasado en films poliméricos, de plástico». El resultado del estudio se explica debido a que la luz activa la apertura de las estomas (poros por donde se produce el intercambio gaseoso en las plantas) y provoca el aumento de las tasas fotosintética y respiratoria. Es decir, la exposición a la luz, dentro del plástico, les hace respirar más (88).

En algunos vegetales, las partes verdes tienen mucha densidad estomática, es decir, aumenta el número de estomas por unidad de área. La estoma es la estructura del vegetal que regula el intercambio gaseoso. Debido a este suceso, se produce un mayor intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, además de una pérdida de agua que favorece la deshidratación y la reducción de la vida útil del vegetal. Las partes blancas, por el contrario, realizan un intercambio gaseoso mucho menor, pero la luz afecta más a su coloración y por tanto también a su vida útil (83).

Como consecuencia de problemas en su conservación, las manzanas pueden sufrir diferentes alteraciones fisiológicas o enfermedades.

➤ **Enfermedades por calor en la manzana**

Mancha amarga

También se conoce como acorchado o bitter pit (hoyo amargo) y consiste en pequeñas manchas –como pecas- que profundizan algo en la piel, formadas por tejido corchoso.

Moho gris *Botrytis cinérea*

Se presenta como una podredumbre de color marrón pálido como márgenes difusos que se vuelve más oscura con el tiempo. La podredumbre puede llegar a afectar todo el fruto (60).

En la siguiente imagen 3.82 en una manzana podemos observar cómo diferentes enfermedades pueden llegar a afectar más a la manzana. A continuación, podemos observar en la ilustración 3. 82 como se llega a deteriorar la manzana.

Ilustración 3. 81. Manzana deteriorada.



Ojo de buey causado por *Nefabraea* spp.

Esta enfermedad está causada por mohos del género *Neofabraea* antes llamado *Gloesporium* se caracteriza por la presencia de lesiones circulares de tonalidad marrón claro en el centro, rodeadas de un halo externo más oscuro, aunque varían con el tipo de edad de la lesión.

Moho azul causado por *Penicillium* spp

Se trata de una podredumbre blanda, acuosa, de color marrón claro. El color puede variar de una fruta a otra.

A continuación, en la imagen 3. 83. podemos ver cómo el plátano maduro se fue deteriorando por el efecto del calor:

El producto, se puede presentar la enfermedad conocida como la pudrición de la corona causada por una mezcla de hongos y la antracnosis (84).

Ilustración 3. 82. Plátano maduro deteriorado.



➤ Enfermedades por calor en el plátano maduro

Pudrición de la corona

Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos: *Collectotrichum musae*, *Fusarium roseum*, *F. semitectum* y *Botrydiplodia theobromae*, (Dadzie y Orchard, 1996). Se presenta cuando los racimos son desmanados; los tejidos de la corona de las manos son invadidos por hongos que causan un ablandamiento y ennegrecimiento, formándose colonias de hongos de color blanco, gris o rosado. Cuando la pudrición está muy avanzada puede ocasionar el desprendimiento de los frutos (89).

Antracnosis

Es causada por el hongo *Collectotrichum musae* (Bert & Curt). El hongo presenta dos tipos de infección: la infección no latente y la infección latente, la primera ocurre en frutos verdes a partir de la cosecha y se manifiesta con lesiones de color café oscuro a negro y que avanzan sin periodo de dormancia, la enfermedad se desarrolla durante la maduración de los frutos (87).

3.4 Alteraciones por distintos agentes en frutas y hortalizas

Microorganismos

➤ Moho azul (*penicillium expansum*)

También conocida como pudrición blanda, una enfermedad común de las manzanas y peras en conserva, una enfermedad causada por el hongo *penicillium expansum*, es la enfermedad más importante de estas frutas. El género *penicillium* viene del orden *Eurotiales* es un orden de hongos ascomicetos, llamados mohos verde y azul.

Ilustración 3. 83. Peras con moho azul.



Aspecto

Aparece como manchas suaves, de color marrón claro, empapadas de agua que comienzan alrededor de la enfermedad o lenticelas que son formaciones parecidas al poro, pero para las plantas, en la superficie exterior de la fruta. La fruta podrida tiene un olor a humedad y un sabor característico. Cuando la humedad relativa es alta, pueden aparecer masas de esporas de color verde grisáceo en la superficie de la fruta. En la ilustración 3.84 se ven unas peras con moho azul.

Ciclo del moho

“Los *Penicillium* se considera un parásito de heridas. En su mayoría, ingresan a la fruta a través de heridas mecánicas recientes, como heridas punzantes causadas por rasguños o golpes, heridas de insectos, heridas de manipulación por recolectores, u otras heridas de cualquier otro origen. Las infecciones a veces pueden ocurrir a partir de semillas de lentejas, especialmente si hay un exceso y una falta alternados de agua antes de la cosecha, o cuando la fruta se debilita por la maduración y el envejecimiento” (127). Se considera un parásito de heridas. En su mayoría, ingresan a la fruta a través de heridas mecánicas recientes, como heridas punzantes causadas por rasguños o golpes, heridas de insectos, heridas de manipulación por recolectores, u otras heridas de cualquier otro origen. Las infecciones a veces pueden ocurrir a partir de semillas de lentejas, especialmente si hay un exceso y una falta alternados de agua antes de la cosecha, o cuando la fruta se debilita por la maduración y el envejecimiento.

Manejo

Las soluciones básicas son evitar que la fruta se dañe durante la recolección y manipulación. Es fundamental trasladar la fruta cosechada a la cámara frigorífica lo más rápido posible. Tanto las salas como las papeleras y contenedores, así como la maquinaria que pueda entrar en contacto con la fruta, deberán estar limpias y desinfectadas.

➤ **Moho verde y moho azul (*Penicillium digitatum*/ *Penicillium italicum*)**

Penicillium digitatum y *Italicum*, respectivamente, causan enfermedades conocidas como moho verde y moho verde, afectan principalmente a los cítricos y otras frutas.

Moho verde

Este es el tipo de lesión más común en la fruta poscosecha, afectando fuertemente al consumo por la aparición de síntomas muy notorios, afectando la calidad de la fruta y dañando la estética de la fruta.

Aspecto y síntomas

En la corteza se desarrolla una zona blanda y acuosa, aparecen lesiones, primero blancas, con el tiempo se vuelven verdes, luego los tejidos alrededor de la lesión se vuelven blancos y acuosos, a veces cuando aparece micelio blanco. Forma bandas anchas, eventualmente se desarrolla una infección, las esporas se vuelven verdes, producen polvo del mismo color, la fruta se estropea, se arruga y se momifica. En la ilustración 3. 85 siguiente podemos al moho verde en una naranja.

Ilustración 3. 84. Moho verde en la naranja.



Factores para que se dé la infección

“En las vainas de los frutos infectados, el hongo es fácil de cultivar en un ambiente con una temperatura muy cerca a los 20°C y una humedad relativa alta. El método de ataque de este hongo es el siguiente: el patógeno puede adherirse a las vainas durante muchos meses sin poder sobrevivir causa cualquier daño. Pero una vez que se hace una herida en la corteza y exuda, los hongos pueden comenzar a crecer a partir de su contacto. Una vez que el hongo se ha asentado en la fruta, su micelio blanco comienza a secretar una enzima que descompone la lignina en la cáscara, suavizando los tejidos” (90).

Moho azul (*Penicillium italicum*)

“La infección por *Penicillium italicum* se desarrolla más lentamente que *Penicillium digitatum* y crece más fácilmente a temperaturas cálidas de alrededor de 24 °C y con alta humedad, en cítricos almacenados en frío crece mejor que *Penicillium digitatum*” (90).

Aspecto y síntomas

Tiene lesiones de color amarillo pálido, redondas y recubiertas de micelio blanco, manchas blandas y acuosas y abundantes esporas azules que cubren las áreas enfermas. En la siguiente ilustración 3. 86 se puede observar el cómo es el moho azul en los cítricos.

Ilustración 3. 85. Moho azul en el limón.



Podredumbre marrón

Esta es una enfermedad causada por varios hongos de la familia *Phytophthora*, es un hongo que ataca principalmente a los cítricos, especialmente activo en regiones con climas cálidos, con una temperatura promedio de 18 a 24 °C. “Su propagación y, por lo tanto,

mayor capacidad para extenderse se ve favorecida por las salpicaduras de agua de lluvia. Mantener las condiciones adecuadas de temperatura y humedad puede promover la progresión de enfermedades que afectan a las frutas, especialmente a las que se cultivan en zonas bajas. Los síntomas de la enfermedad pueden aparecer tanto en el campo, 37 días después de la infección, como después de la cosecha, cuando se guarda la fruta en depósito” (91). Durante las etapas avanzadas de la enfermedad, el patógeno puede formar micelio y esporas en la superficie de la fruta infectada.

Síntomas y aspecto

El síntoma más característico de la enfermedad dulce es la aparición de pudrición blanda parda, la enfermedad se agrava hasta afectar por completo a todo el fruto, provocando su caída al suelo, normalmente los frutos más dañados son los que se encuentran en la mitad del fruto a continuación. “Desde la parte superior del árbol, es más probable que las gotas de lluvia toquen las plantas infectadas. Destruye raíces absorbentes, exudados y enlatados en la base del tallo, separa el fruto de la planta, debilita toda la planta, reduce rendimiento, deshoja, seca ramas y hojas amarillas” (91). En la siguiente ilustración 3. 87 podemos ver como unas naranjas presentan esta enfermedad” (90).

Ilustración 3. 86. Naranjas con podredumbre marrón.



Medidas preventivas

“Mejorar las medidas preventivas y la inspección visual en otoño porque, aunque la presencia de la bacteria *Phytophthora* en el suelo de las parcelas de cítricos puede ser permanente, las infecciones casi siempre están presentes fuera de esta temporada. Esto se

debe a que, durante los meses de otoño, las temperaturas suaves junto con las fuertes lluvias, los suelos anegados y salpicados propagan patógenos fúngicos infecciosos” (91). Por lo tanto, las medidas preventivas o de cultivo deben estar encaminadas a evitar que las gotas de lluvia propaguen los patógenos a los frutos inferiores del ápice, ya que pueden propagarse por todos los árboles. Para proteger la fruta de las salpicaduras de la lluvia, se debe tener cuidado de aumentar la distancia entre la fruta y el suelo de la sombrilla.

Moho Gris (*Botryotinia fuckeliana* / *Botrytis cinerea*)

El hongo ataca principalmente a la fresa y la uva, por lo que se denomina pudrición de la fresa o pudrición del racimo, pero afecta especialmente a cultivos hortícolas, hortalizas y plantas con flores. “Requiere un ambiente cálido y húmedo; Común en invernaderos. Suelen atacar ejemplares débiles o que muestran signos evidentes de estrés. Es uno de los hongos patógenos más comunes en los cultivos, con una gran infectividad, ya que puede colonizar a más de 200 especies hospedantes diferentes, siendo especialmente severo en frutos como la fresa y la uva” (92).

Además de su carácter agresivo y contagioso, destaca su versatilidad, pudiendo crecer y reproducirse sobre tejidos vegetales dañados, envejecidos y muertos, principalmente a través de esporas asexuales o esporas, en las que la masa se esparce fácilmente por el aire, salpicaduras de agua y física. Contacto. La *botrytis* se caracteriza por un abundante número de esporas asexuales conocidas como conidios. En la ilustración 3. 88 podemos ver unas fresas están contagiadas con moho gris.

Ilustración 3. 87. Fresas con moho gris.



Ciclo de vida

“Las esporas de moho gris necesitan humedad, lluvia, agua de riego y nutrientes para germinar. En plantas secas, la germinación se produce a una humedad relativa muy alta, superior al 93%. El moho gris es un hongo necrotrófico, lo que significa que secreta compuestos que matan las células vegetales y luego se alimentan de su contenido” (92). En el área infectada, se forman nuevas esporas en unos pocos días. En situaciones que no son favorables para la germinación, las esporas pueden sobrevivir durante varios días en la superficie de la planta y germinar cuando aumenta la humedad relativa, por ejemplo, cuando las flores cortadas se cosechan y almacenan en cámaras frigoríficas. Las heridas también proporcionan suficiente humedad para el crecimiento de hongos, como las heridas de poda en pepinos y tomates. El moho generalmente se considera un patógeno débil, que infecta solo plantas dañadas o débiles.

Aspecto y síntomas

Las manchas de color marrón grisáceo son el síntoma más común del moho gris. Las lesiones se localizan en hojas, tallos, frutos y flores. Las pequeñas manchas redondas generalmente aparecen primero en las flores, que pueden o no convertirse en grandes lesiones de color marrón grisáceo. Los síntomas en frutas, flores y diversas partes de las plantas en maceta generalmente se observan solo durante o después del crío preservación. En la lechuga, el moho gris es parte del complejo de pudrición de la raíz y puede provocar

la muerte de la planta. En las plantas de pepino y tomate, el hongo causa enfermedades durante la poda. Estas lesiones pueden envolver el tronco causando que la planta sobre la enfermedad se marchite y muera.

En verduras y en fresa, el moho gris afecta a la fruta. En las plantas en maceta, los esquejes mueren por la infección de las plantas madre infectadas. En las uvas, mostrarán signos de daño, a menudo cerca de la fecha de cosecha, el patógeno atacará el racimo de frutas muy rápidamente. Esta enfermedad suele ser más grave en variedades con racimos apretados o compactos. En la ilustración 3. 89 podemos ver el moho en un racimo de uvas.

Ilustración 3. 88. Moho gris en uvas.



¿Cómo se introduce el moho gris a las frutas y verduras?

Al trasplantar en un vivero o vivero, es posible infectarse con esporas de *Botrytis*, o infectarse con micelio que crece en hojas y tejidos viejos o muertos. Los hongos productores de esporas activos pueden ocurrir en cultivos adyacentes, incluidas las verduras y fresas vecinas de segundo año. La infección también puede ocurrir a través de una estoma o una herida, apareciendo así después de una lesión, como la picadura de una oruga.

Factores que favorecen al moho gris.

“Temperatura, humedad relativa y fenómenos de cultivo. La temperatura óptima está entre los 15°C y los 23°C, aunque puede soportar un amplio rango, incluso hasta los 0°C,

por lo que no debe ser un factor a la hora de determinar la humedad relativa del aire, que tiene que ser alta.

Por lo tanto, en condiciones frescas y húmedas, el moho gris producirá masas de esporas que se pueden dispersar de muchas maneras diferentes, como: viento, lluvia, gotas de agua en la savia de las plantas protegidas, agua de riego e incluso los insectos pueden actuar como medio para esporas. Para que se produzca la infección” (92). Las esporas necesitan la presencia de agua libre en los tejidos vegetales, así como de nutrientes esenciales como azúcares y materia orgánica.

Antracnosis

Es una enfermedad característica de climas húmedos y cálidos, es uno de los nombres que reciben varios hongos de los géneros *Colletotrichum*, *Gloesporium* y *Coniothyrium*, siendo el más común *Colletotrichum*. Aprovecha cualquier signo de debilidad de las plantas para que puedan multiplicarse y propagarse.

Ilustración 3. 89. Antracnosis en aguacates.



Síntomas y aspecto

“Aparición de manchas marrones en las hojas, alrededor de las nervaduras de las hojas. En las primeras etapas, aparecen pequeños puntos redondos que se oscurecen gradualmente, lo que se denomina necrosis” (93). En la imagen 10 se observa la antracnosis en el aguacate.

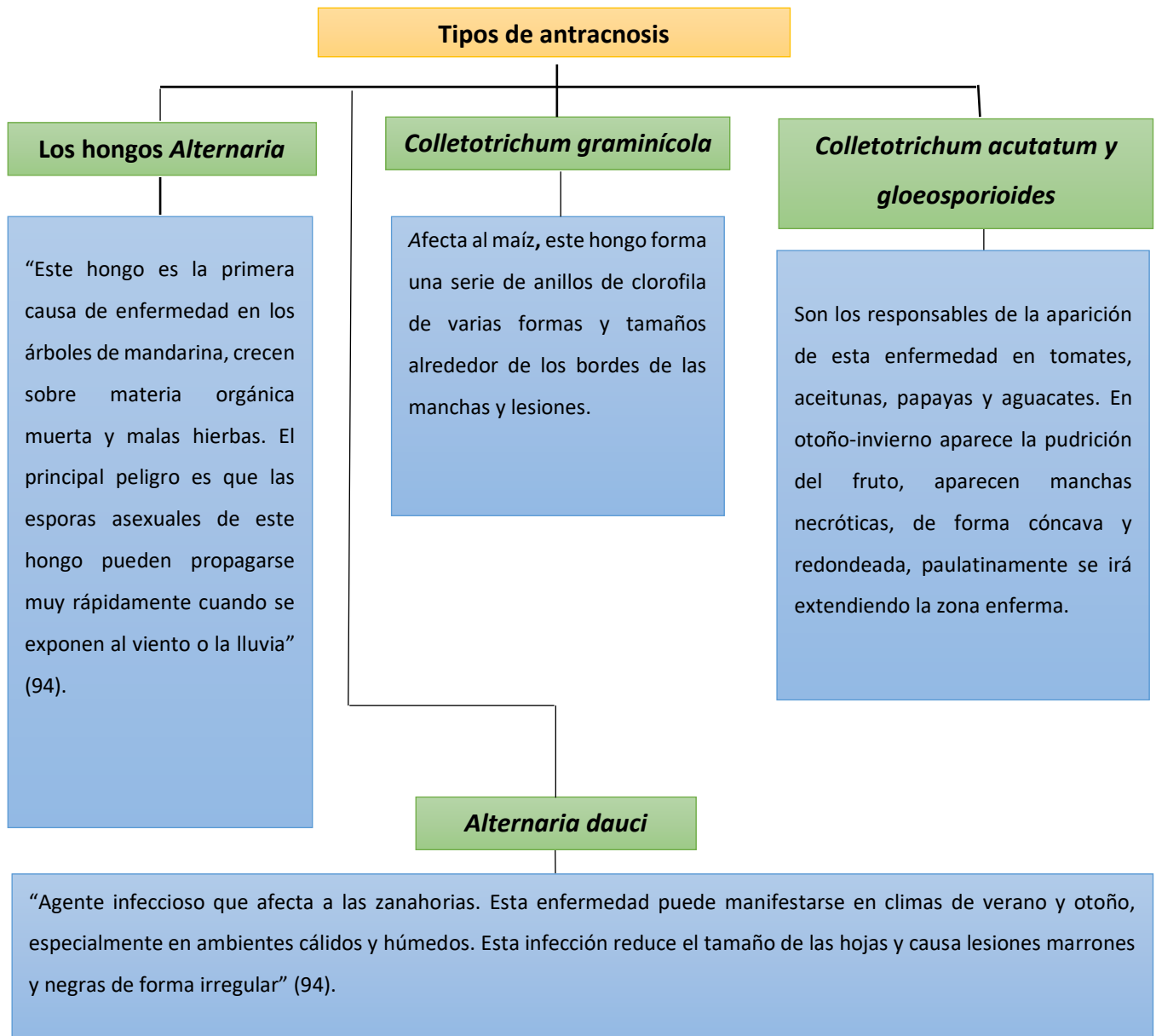
Factores que favorecen su contagio

La probabilidad de daño aumenta si la planta se lesiona por roce o ataque de insectos o por un desequilibrio nutricional. Asimismo, el calor facilita su aparición, temperaturas altas superiores a los 27°C, por lo que es más fácil de detectar en primavera y verano. Además, climas con humedad superior al 90% o periodos de lluvia y viento favorecerán la dispersión y dispersión de las esporas.

Desarrollo de la antracnosis

“La fuente del inóculo fúngico, las esporas, se pueden encontrar en otras partes de la planta, como hojas marchitas o secas, tallos y ramas afectados, u hospedantes alternativos. El inóculo puede ser dispersado por el viento o el agua. Después de la dispersión, se adhieren a la superficie de la fruta y pueden germinar después de 2 horas, produciendo un tubo germinativo que penetra en la epidermis de la fruta. Después de penetrar en la epidermis, el micelio puede penetrar en la pared celular del fruto; Los primeros síntomas en el período de incubación, pueden aparecer después de 8 días” (93).

Tipos de antracnosis y a que cultivos contagian



Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, la forma sexual de *Colletotrichum gloeosporioides* se corresponde con *Glomerella cingula*. Una de las llamadas enfermedades de verano y en ocasiones puede llegar a producir pérdidas de importancia, en especial en montes con antecedentes de la enfermedad y en años lluviosos durante el verano. En las uvas es el *Greeneria uvicola*. Afecta a las frutas y hortalizas, pero principalmente en el tomate, en las uvas y en las manzanas.

Síntomas

“El síntoma principal es una podredumbre blanda que aparece cuando el fruto ha desarrollado por lo menos hasta la mitad de su tamaño. Las lesiones son redondas, hundidas y de color marrón claro. Si se realiza una incisión, se puede observar un daño técnicamente penetrante en la pulpa, múltiples heridas pueden ocurrir en diferentes frutas. Se forman anillos concéntricos cuando las heridas llegan a un tamaño desde 1.5 a 2.0 cm” (95). Cuando existe una alta humedad sobre los acérvulos se producen masas de conidios que son esporas con un color cremoso. En la ilustración 3. 91 podemos observar a la pudrición amarga en una naranjilla. Las lesiones son cónicas profundas hasta el centro del fruto. Al final, los frutos atacados se momificaron en el árbol y algunos de ellos permanecieron en el árbol todo el invierno.

Ilustración 3. 90. Podredumbre amarga en la naranjilla.



Ciclo de la podredumbre amarga

El hongo sobrevive en los frutos momificados durante el invierno, en rajaduras de la corteza y en las heridas provocadas por la quebradura de ramas. En el momento del cambio de estación, las lluvias sueltan hongos que pueden penetrar directamente en las vainas o penetrar en la zona enferma. La infección puede ocurrir desde la floración y durante el desarrollo de la fruta hasta la cosecha. Ocurren con mayor frecuencia en el verano en enero y febrero. “Si la temperatura supera los 18°C y llueve, la enfermedad se propaga rápidamente. En los árboles, lo hace salpicando agua de lluvia y entre árboles por el viento, la lluvia y los insectos. El hongo permanece en la fruta momificada de año en año” (95).

Manejo

Reducir la fuente de infecciones fúngicas. Durante la temporada de poda, se debe quitar cualquier fruta que quede en el árbol. El material enfermo debe ser removido y quemado. Durante el verano, las montañas deben ser examinadas periódicamente para identificar los focos de esta enfermedad. La fruta atacada debe eliminarse para evitar la propagación de enfermedades.

Pudrición blanca

La podredumbre blanca, causada por el hongo *Sclerotium cepivorum*, es una enfermedad que afecta tanto a las cebollas como a los bulbos de ajo en muchas partes del mundo, y también al puerro y al cebollín.

Aspecto y síntomas

Inicialmente, se observa un amarillamiento general en la parte visible de la planta, mientras que las raíces y las hojas inferiores se cubren con micelio blanco produciendo nódulos fúngicos negros en los tejidos infectados. “Esta Enfermedad, eventualmente causa la muerte total de la plata y si ocurre tarde en el ciclo del cultivo y se manifiesta como pudrición del bulbo poscosecha. Puede afectar a las plantas en cualquier etapa, pero principalmente en las primeras etapas del desarrollo del sistema radicular” (91). Como se puede ver en la siguiente ilustración 3. 92 un ajo infectado por el hongo blanco.

Ilustración 3. 91. Ajo infectado por sclerotium cepivorum.



¿Cómo funciona la Pudrición blanca? Un ascomiceto que es un esclerocio es una masa compacta con nutrientes, se propaga y forma estructuras resistentes llamadas nódulos, la cantidad de nódulos fúngicos disponibles en el suelo afecta el grado de infección que puede ocurrir y se cuantifica en nódulos fúngicos por kg de suelo. Un solo esclerocio por kg de suelo puede mostrar una tasa de infección del 10 % en los cultivos, mientras que 100 o más unidades de propágulos pueden causar una tasa de infección del 100 %.

“La germinación de la esclerótica en condiciones óptimas de humedad y temperatura se produce por completo en 2 h, luego de lo cual penetra en las raíces más cercanas a través de un tampón que puede crecer entre e intracelularmente hasta llegar al tejido vascular, donde comienza a infectar y destruir por medio de enzimas que descomponen la pared celular. La transmisión ocurre en una variedad de formas, tales como: agua corriente, maquinaria agrícola, bulbos infectados, plántulas infectadas, vientos fuertes, animales y personal de campo en contacto con el suelo” (90).

Podredumbre del Palto o aguacate.

Es causada por varios hongos como el *Lasiodiplodia thebromae*, varias especies de *Botryosphaeria* y *Fusicoccum*, antes esta enfermedad era atribuida a la *Dothiorella*.

Síntomas: “Los síntomas de la fruta comienza con una ligera curvatura alrededor del punto de entrada del tallo, donde se puede observar una pudrición marrón o marrón oscuro, al final de la fruta. Podrido un desarrollo visible con un margen claro, como la maduración del fruto.

Las pudriciones progresan gradual y uniformemente hacia el centro de la fruta, causando que toda la fruta se pudra, se oscurezca y se arrugue” (93). Los haces vasculares estaban marcadamente necróticos, la carne en su interior era acuosa y blanda, al principio seca, a veces acuosa, se puede ver algunos síntomas en la ilustración 3. 93.

Ilustración 3. 92. Aguacate con podredumbre.



➤ **Pudrición apical o podredumbre marrón (*dothiorella*)**

“Causada por el hongo *Dothiorella* de la división de *Botryosphaeria dothidea*, es una de las enfermedades más importantes de algunos frutos, pero principalmente en el guayabo” (92).

Síntomas

“El hongo produce el primer síntoma que consiste en una mancha marrón rojiza en la región apical del fruto, alrededor de la cual queda la flor, progresando hasta cubrirla por completo. En el tejido muerto se producen esporangios esféricos, negros, que contienen esporas sexuales hialinas, que son termófilos entre 28 y 32°C, 55 a 100% de humedad relativa, y con 12 horas de iluminación y luz continua oscura o fluorescente” (95).

➤ **Pudrición del pedúnculo y la muerte descendente**

Esta es una de las enfermedades que causan más pérdidas poscosecha de mangos. El daño es mayor, especialmente si se almacena durante mucho tiempo, ya que esto reduce la calidad de la fruta, lo que limita la comerciabilidad de la fruta. “La enfermedad mortal es causada por un complejo de hongos de la familia *Botryosphaeriaceae*, incluidos los siguientes: *Dothiorella dominicana*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum parvum*, *Neofusicoccum mangiferae*, *Phomopsis mangiferae* y *Pestalotiopsis mangiferae*.” (93).

Síntomas

Las lesiones son apenas visibles al principio. Surgen del tallo y su aspecto es algo acuoso. Luego se oscurecen y forman líneas onduladas en la base de la copa de este árbol. El tejido necrótico se encuentra debajo de la epidermis e invade todo el fruto, si las condiciones ambientales son favorables para ello. Puede aparecer micelio en la superficie alrededor del tallo y una secreción acuosa oscura.

En cuanto a los tejidos vegetativos, las ramas también se secan, esto se conoce como marchitamiento, mientras que los síntomas comienzan desde la punta hasta la base de la rama en cuestión. “Los haces vasculares de las ramas enfermas están necróticos y tienen secreción purulenta roja. Si la enfermedad está avanzada, se pueden observar árboles frutales de hoja caduca parcial, además, las ramas tienen hojas tanto secas como verdes” (71).

Métodos de infección

A modo de esporas transportadas por insectos vectores se ha demostrado que son atraídos por los compuestos volátiles de esta fruta podrida. El agua de lluvia y el viento también pueden actuar como vectores.

Semillas y estomas, micelio capaz de concentrarse en las partes de la flor. Crecen sin expresión, hasta llegar al pedúnculo a las pocas semanas de la floración. Este estado de quietud puede acortarse si se ve favorecido por situaciones estresantes. En general, a medida que la fruta madura, el hongo infecta la fruta a través de su pedúnculo y crece en su haz vascular y por contacto físico entre frutos enfermos o sus secreciones.

Es más probable que ocurra el desarrollo de enfermedades en árboles frutales más viejos, especialmente si se ha realizado un manejo inadecuado. Ciertas condiciones ambientales también facilitan el desarrollo de la enfermedad: amplio rango de temperatura, falta de agua, alta humedad relativa, suelo excesivamente arcilloso, luz solar directa. A continuación, podemos ver un ejemplo, en la ilustración 3. 94 en un cítrico.

Ilustración 3. 93. Pudrición del pedúnculo en una naranja.



Pudrición de raíz (*Fusarium*)

La pudrición de la raíz es una de las enfermedades del trigo más dañinas y extendidas en el mundo. Los cereales más importantes pueden contagiarse de *Fusarium* en invierno. Sin embargo, el impacto principal de este patógeno es sobre el trigo harinero y el trigo duro, similar a los cuales la cebada y la avena pueden infectarse, se muestra muy poco incluso ningún síntoma.

Síntomas

“El *Fusarium* puede ocurrir en una variedad de condiciones del suelo, pero con mayor frecuencia es causada por la pudrición de la raíz en plántulas jóvenes en condiciones frescas a 14 °C. Los síntomas generalmente se limitan a las raíces y los tallos inferiores y consisten en una raíz más pequeña. Sistema con menos raíces accesorias” (94). El síntoma más común de la pudrición de la raíz por *Fusarium* es la mancha marrón alrededor del nódulo en las plantas maduras. En la ilustración 3. 95 podemos ver un ejemplo de la pudrición de raíz.

Ilustración 3. 94. Pudrición de raíz por fusarium.



Desarrollo

Fusarium puede ser muy agresivo en climas húmedos; En regiones con baja humedad, es aún más grave en los desequilibrios de nitrógeno versus potasio, en particular una disminución en el suministro de nitrógeno en las últimas etapas del ciclo de *Fusarium*. Capaz de vivir durante varios años en el suelo o en restos de plantas, la pudrición de la raíz generalmente se observa a mediados o finales de la temporada de crecimiento.

Pudrición por *Phomopsis*

Es una enfermedad que afecta principalmente a los almendros, melocotoneros, nectarinos y albaricoqueros.

Síntomas

La enfermedad se manifiesta inicialmente como un chancro superficial liso de color marrón oscuro, que afecta principalmente a ramas jóvenes y, más raramente, a troncos y ramas gruesos. Luego, la corteza se vuelve áspera, se agrieta alrededor del borde y se desprende, lo que podría causar que toda la rama se seque. En la ilustración 3.96 vemos este chancro por *Phomopsis* en el tallo de un girasol.

Ilustración 3. 95. Girasol infectado con phomopsis.



Factores de crecimiento

Es una patología típica de regiones con temperaturas suaves y humedades prolongadas en primavera (especialmente mayo y junio) favorecidas por la lluvia, la alta humedad y el rocío. La infección o reinfección también puede ocurrir en el otoño, cuando caen las hojas. “El hongo que causa esta enfermedad es capaz de sobrevivir durante el invierno en la corteza o la superficie de las plantas, ya sea en modo latente o como estructuras de picnidios que se reproducen asexualmente. En primavera, estas estructuras reproductivas maduran y emergen donde han invernado: el tronco, la base, los pecíolos y otras partes de la planta” (95).

Pudrición de corona en plátano

“La pudrición de la corona del plátano es una enfermedad causada por diversas especies de hongos: *Lasiodiplodia theobromae*, *Colletotrichum musae*, *Thielaviopsis paradoxa* y *Fusarium*” (96).

Síntomas

Esta enfermedad se inicia con un reblandecimiento de los tejidos superficiales en los restos del raquis y en la corona o cojinete que adquiere un color marrón oscuro o negro que puede avanzar hasta afectar a los pedicelos e incluso a los dedos individuales en los casos más graves. “En el corte de la superficie de la corona se desarrolla un fieltro o capa micelial de color blanquecino, grisácea o rosa” (96). El micelio y la podredumbre estropean el aspecto

fresco y limpio de la fruta madura. En casos severos la pudrición penetra profundamente en los dedos, que pueden llegar a desprenderse de la corona y alcanzar la pulpa perdiéndose la totalidad del fruto, esto es consecuencia del cambio tecnológico donde él se corta a mano del baúl para ser empacado en cajas de cartón, en lugar de ser enviado en fardos. A continuación, podemos ver un ejemplo en la ilustración 3. 97 en como la parte derecha comienza a presentar pudrición.

Ilustración 3. 96. Pudrición de corona de plátano.



Enfermedad de chorro

La enfermedad es causada por *Nigrospora Sphaerica*, nombre que describe las características del fruto durante las etapas avanzadas de la enfermedad. Es común en los plátanos.

Síntomas: “El primer síntoma detectable es el oscurecimiento del centro del fruto. La enfermedad puede ocurrir al final de la fruta o afectar a toda la fruta. El hongo a menudo invade los tallos recién cortados de la fruta empacada sin apretar. Las esporas germinan en superficies de corte húmedas o son atraídas suavemente por los vasos de la xilema de los pecíolos” (97). Los primeros síntomas pueden desarrollarse dentro del fruto sin manifestación externa. Podemos ver en la ilustración 3.98, como esta enfermedad es común en los plátanos y la podemos tener en nuestros hogares. “La temperatura óptima para el crecimiento de *Nigrospora Sphaerica* es 22-25°C, las temperaturas máxima y mínima son 32,5°C y 5°C” (97).

Ilustración 3. 97. Plátano con enfermedad del chorro.



Pudrición por *phoma caricae papayae*

Provocada por el *phoma caricae papayae*, este es un hongo que ataca principalmente a la papaya, ataca el tallo, hojas, flores y frutos, especialmente en invierno y primavera.

Ilustración 3. 98. Papaya infectada con *phoma caricae papayae*.



Síntomas

“La fruta golpeada en el campo puede fusionarse y formar una gran área de descomposición. Los frutos atacados en el campo pueden deshidratarse y caerse, especialmente si son jóvenes. La fruta puede infectarse en el campo durante la cosecha cuando se lesiona.

Después de la cosecha, la primera fruta dañada generalmente se observa en la región del tallo de la fruta, donde los tejidos podridos se vuelven de color marrón oscuro a negro. La

superficie de la lesión puede ser áspera o áspera debido al crecimiento de esporas” (87). En la ilustración 3.99 podemos ver cómo es una papaya que sufre de *Phoma Caricae Papayae*.

Pudrición por thielaviopsis

También conocida como pudrición negra o vesículas. La enfermedad es causada por *Thielaviopsis paradoxa*, que puede comenzar en el tallo y progresar a través de la mayor parte de la pulpa con solo un ligero oscurecimiento de la piel como síntoma externo. “Este fenómeno de oscurecimiento es causado por el agua que se filtra desde la cáscara hacia la pulpa dañada.

A medida que la pulpa se ablanda, la capa superior de la piel se rompe fácilmente con una ligera presión” (95). La temperatura óptima de crecimiento de los hongos in vitro es de unos 27°C, la temperatura máxima es de unos 37°C y la mínima de 0 a 5°C.

Síntomas

Normalmente la pudrición no es importante se observa fácilmente hasta que avanza su invasión. La podredumbre puede comenzar desde el tallo y penetrar la mayor parte de la pulpa, siendo el único signo externo de la lesión un ligero oscurecimiento de la piel, ya que está sobre las partes podridas de la fruta parece acuosa.

“A medida que la pulpa se ablanda, la costra sobre el tejido afectado se rompe fácilmente con una presión suave” (95). En la ilustración 3. 100 se pude ver la pudrición **por Thielaviopsis en una piña.**

Ilustración 3. 99. Piña con thielaviopsis.



➤ Pudrición por *geotrichum candidum*

Es un hongo que puede afectar a las frutas y verduras después de la cosecha. Se encuentra entre los agentes externos que pueden provocar el deterioro, podredumbre, mal olor y pérdida del sabor del producto. Es uno de los hongos más dañinos para las plantas, junto con otros hongos como el *Penicillium italicum*.

Ilustración 3. 100. Tomates contagiados con *geotrichum candidum*.



Síntomas

“Muchos cultivos como el melocotón o el tomate son susceptibles a este parásito que puede aparecer en cualquier momento, o de vez en cuando, especialmente en los cítricos y las frutas de hueso” (96). Una de las principales características de la sintomatología es la característica pudrición blanda, que se acompaña de un olor agrio. Al inicio de la infección, se puede ver una mancha de color ligeramente más claro en las vainas, que en poco tiempo cambia a mohos blancos y beige en la superficie y en lugares que ya no están presentes. En la imagen 3. 101 se puede ver dos tomates presentando los primeros síntomas.

Forma de infección

“La vía de entrada del hongo *Geotrichum candidum* a las plantas suele ser a través de la herida en la que fueron lesionadas, por fricción, impacto, etc. Este hongo también se manifiesta en el periodo de poscosecha, por lo que, en frutos en conserva, este hongo suele aparecer en frutos maduros. El impacto de este agente extraño invasivo aumenta la

probabilidad de exposición a la enfermedad por más tiempo, por lo que cuanto más tiempo se almacena la fruta, mayor es el riesgo” (90).

Condiciones de crecimiento

Esto es alta humedad relativa, alta temperatura y bajo oxígeno, aunque no puede crecer anaeróbicamente. Estas condiciones a menudo ocurren en invernaderos, espacios de almacenamiento y transporte. *Geotrichum candidum* puede propagarse tanto por el viento como por el agua, aunque es más probable que ocurra en áreas con mucha agua.

Los cítricos son susceptibles a esta infección fúngica en todas las etapas de producción, pero rara vez se observa la enfermedad. Para desarrollar la enfermedad, los cítricos están expuestos a condiciones estresantes que combinan altas temperaturas, alta humedad y, lo que es más importante, bajos niveles de oxígeno, lo que a menudo requiere suturas debido a una infección.

➤ Pudrición por *diplodia*

Es un hongo con síntomas propios perjudica a las frutas y maíz.

Síntomas: Caracterizado por una coloración de color café o negra que se da más o menos del rabillo y porque el lugar afectado, con podredumbre, adquiere una textura blanda. En la ilustración 3.102 podemos ver como un maíz está infectado por *diplodia*.

Ilustración 3. 101. Maíz con diplodia.



Condiciones favorables

Aparece y presenta sus síntomas característicos en frutos cítricos que tienen heridas derivadas de golpes, roces o caídas, todavía la profusión de humedad y los repentinos cambios de temperatura, aquí con la derivación de los insectos. Se manifiesta con madura frecuencia en climas cálidos, en puntal a los 25-30°C

Tratamientos

“La explotación de existencias fungicidas es el mejor evento que se puede implicar a mango para exhortar el estafermo de la *Diplodia*, aquí con la tenacidad de protocolos de vigilancia en el tráfico de los frutos” (71). La utilización de fungicidas aumenta la productividad de la labor de cítricos, ora que protege a los frutos durante todo el desarrollo que va desde su monasterio inclusive su comercialización.

Al minimizar las unidades que hay que prescindir para la comercialización, bonificación mucho la eficacia de los cultivos.

Podredumbre blanda o pie negro

Ocasionado por el patógeno *erwinia carotovora* que ha sido rebautizado como *Pectobacterium carotovora*.

Ciclo de vida y forma de contagio: Es muy común, pero muchas veces no alcanza densidades de población epidémicas. Puede existir como bacteria epífita en diferentes plantas o en el suelo a baja densidad. “Es posible encontrarlos en los intestinos de los insectos, que pueden pasar de las plantas en estado de descomposición, a las plantas en crecimiento e infectar las plantas a través de heridas. No puede infectar hojas verdes sanas, pero puede crecer en hojas más viejas y desde allí propagarse desde los pecíolos hasta el tallo principal, a través de los vasos de la xilema. Para que la enfermedad se desarrolle, se requiere mucha humedad” (93).

Síntomas

En tomate, provoca podredumbre del tallo, así como podredumbre blanda. La pudrición del tallo se detecta por primera vez cuando la planta se marchita en o después de la primera

cosecha. La superficie de la lesión puede ser áspera debido al crecimiento de esporas. Por encima o por debajo del tallo hueco, el tejido vascular mantiene su color normal, en las ilustraciones 3.103 podemos observar unos ejemplos.

Ilustración 3. 102. Lechuga con podredumbre blanda.



Las lesiones en la fruta son inicialmente pequeñas y hundidas, empapadas de agua y de color marrón claro a oscuro. Están adyacentes a heridas naturales y aberturas al final del tallo. Entonces la fruta se ablanda y la sustancia dentro de la herida se vuelve líquida.

Ilustración 3. 103. Papa con pie negro.



Moho negro

El hongo *Alternaria alternata* es el patógeno más normal que pueden tener los tomates maduros. *Alternaria Alternata* tiene una amplia gama de huéspedes. Se encuentra en tomates, trigo y papaya, entre otros.

Síntomas

“*Alternaria* infecta la fruta madura, los síntomas varían desde pequeñas lesiones superficiales de color marrón claro hasta lesiones necróticas hundidas. En condiciones de alta humedad, el hongo produce una capa negra de esporas sobre el tejido infectado” (94). En la ilustración 3. 105 podemos ver a unos tomates que presentaron moho negro.

Ilustración 3. 104. Tomates con moho negro.



Su severidad varía con las condiciones de humedad prevalcientes durante la maduración de la fruta y el retraso en la cosecha. Cuando las hojas están persistentemente húmedas debido al rocío, la lluvia o la alta humedad relativa, las esporas de hongos germinarán en respuesta a los nutrientes disueltos en la superficie de la fruta, penetrando hasta un 50 % entre ellas.

Pudrición de anillo

Enfermedad común en las papas generadas por el patógeno *Corynebacterium sepedonicum* que es gram positiva, no móvil. Podemos ver un ejemplo de la pudrición de anillo en la imagen 3.106. “Esta bacteria crece lentamente en cultivo. Este organismo ingresa a los tubérculos infectados en el campo o en el almacenamiento. La infección se produce a través de heridas presentes en los tubérculos. La contaminación de las cuchillas utilizadas para cortar transmitirá bacterias. Las operaciones de cosecha en las que se dañan los tubérculos también pueden propagar enfermedades” (95).

Ilustración 3. 105. Pudrición de anillo.



Tizón tardío

Producida por *Phytophthora infestans*, que es un protozoario del hongo, también se conoce como tizón tardío del tomate, tizón del tomate y tizón de la patata.

Ciclo de vida

El patógeno se desarrolla en el tallo y en la superficie de la planta y se forman y desarrollan nuevas células de esporas, un tipo de esporas, a partir de las estomas. La dispersión se produce por el viento y la lluvia, lo que hace que los patógenos de las plantas infectadas caigan al suelo. Los dispersantes del suelo son producidos por el agua, ya que las esporas animales se mueven a través de este medio. Esto explica porque la enfermedad se propaga más rápido cuando el contenido de agua del suelo o sustrato es más alto de lo normal para un crecimiento óptimo de las plantas.

Síntomas

rovoca pudrición de raíces, aplastamiento de plántulas y pudrición de tallos, tubérculos, tubérculos, hojas y frutos. También causa manchas acuosas en las hojas, con bordes borrosos y crecimiento de hongos blancos y algodonosos. “El centro es marrón grisáceo con un borde verde claro. Aparecen lesiones marrones duraderas en el tronco, a menudo alrededor del tronco. Aparece una mancha azulada en el tubérculo de patata, visible a través de la piel” (97).

Ilustración 3. 106. Tizón tardío.



➤ **Pudrición por *Rhizopus***

Rhizopus stolonifer es una especie de hongo muy común en la mayoría de los continentes del mundo. Provoca pudriciones blandas y líquidas en diversas plantas y órganos (principalmente frutos), especialmente en el momento de la cosecha y durante el almacenamiento. Estas putrefacciones comparten algunas similitudes con las causadas por bacterias. También es la causa del moho negro en el pan.

Síntomas

“Las plagas son tiernas y húmedas y se propagan de manera rápida en restantes de frutas o verduras cuando están maduras.

El tejido afectado se licuará y eventualmente colapsará; la cutícula se abrirá y verán que sale jugo. El micelio que penetra en los tejidos cubiertos por el moho varía de color blanco a grisáceo. Este molde está formado por micelio, células progenitoras y citoplasma de este *Zygomycete*” (95).

A la larga, muchos cuerpos frutales de "cabeza negra", que están bastante sueltos, se forman en los tejidos dañados. En la ilustración 3. 108 se puede ver un claro ejemplo del *Rhizopus*.

Ilustración 3. 107. Tomates infectados por rhizopus.



Alteraciones físicas y mecánicas

Alteraciones que sufren las frutas y hortalizas por el manejo de las personas o maquinaria.

Exceso de calor: Un calor más alto produce más evaporación, menos absorción de agua y plantas más débiles con un follaje menos denso, lo que expone la fruta a más radiación. La radiación y el aumento de la temperatura crean mutaciones y daños irreversibles en los cultivos. Si se logra un índice UV de 8 a 10, el daño incluye alteración de las células de la superficie, deshidratación y decoloración. Las temperaturas superiores a 29°C también afectan el color de la fruta, y el deterioro de la apariencia reduce su valor en el mercado.

Daño por frío

“Se da en temperaturas que sean inferiores al punto de congelación de los productos que pueden ser desde - 0,5°C incluso de 15 a 20 °C, pueden dañar la mayoría de los productos tropicales y subtropicales, muchos productos de la costa y algunas especies en las partes templadas” (46). El origen de este daño son los cambios en la estructura de las membranas celulares que afectan el metabolismo y provocan síntomas, muchos de los cuales se manifiestan cuando el producto se coloca en condiciones de temperatura ambiente, como se ve en la ilustración 3. 109.

Ilustración 3. 108. Pimiento afectado por frío.



Atmósfera inapropiada

No tener una correcta atmósfera adecuada en los cuartos de almacenamientos para frutas y hortalizas, en donde puede dar lugar al daño por frío o exceso de calor.

Defectos de embalajes o mal envasado, golpes y roces

“El empaque inadecuado del producto y los procedimientos de empaque pueden causar abolladuras y cortes en el producto, lo que resulta en exportaciones reducidas debido a daños mecánicos que generan pérdidas en el proceso” (46).

Ilustración 3.109. Tomate golpeado.



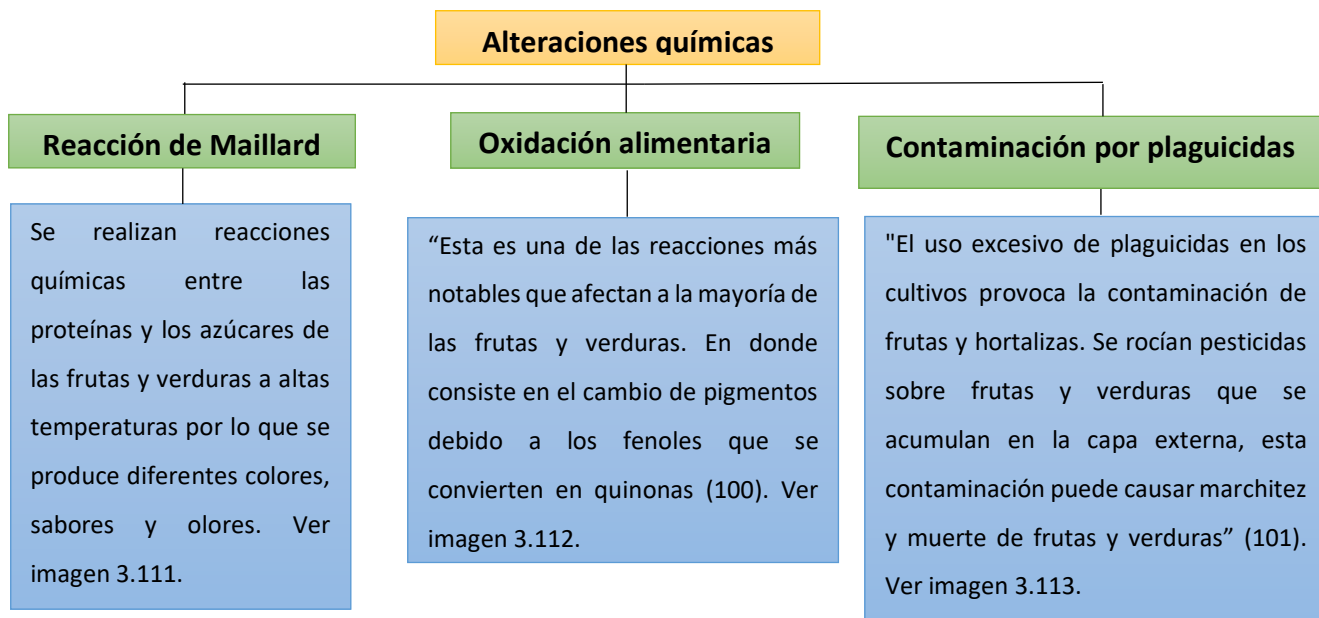


Ilustración 3. 110. Plátano maduro frito.



Ilustración 3. 111. Papa sufriendo una oxidación.



Ilustración 3. 112. Tomates contaminados.



3.5 Controles químicos y físicos poscosecha

Los distintos tratamientos físicos incluyen el calor (curado, agua caliente), las irradiaciones (luz UV-C) o los choques gaseosos. Los principales tratamientos químicos se basan en la aplicación de sustancias naturales (extractos de plantas, aceites esenciales), aditivos alimentarios o recubrimientos comestibles antifúngicos.

3.5.1 Controles físicos

Los tratamientos físicos son mayormente deseados al no generar residuos en los productos tratados ni en el ambiente. Sistemas físicos complementarios a tratamientos fúngicos son la conservación de cítricos a temperaturas bajas (3-5°C para naranjas y mandarinas y 10-14°C para limas, limones y pomelos, siempre con un 90-98% HR).

El almacenamiento

Por sí mismo no ejerce una actividad fungicida, sino más bien fungistática que inhibe o retrasa el crecimiento de los patógenos. Por otro lado, ralentiza la actividad metabólica del fruto y retarda la senescencia, ayudando así a mantener la resistencia natural del fruto a la infección. Otros tratamientos físicos complementarios conocidos, pero raramente implementados comercialmente, son la conservación frigorífica en atmósferas controladas convencionales (5-10% O₂ + 0-10% CO₂), hipobáricas (75 a 175 mm Hg) o de monóxido de carbono (5-10% CO)

El curado

Efectivo contra *Penicillium* en frutos cítricos generalmente, pero, a nivel comercial resulta poco práctico, caro al tratar grandes cantidades y puede tener efectos adversos en la calidad; por ejemplo, en productos como mandarinas tratadas en agua a 65°C por 150 segundos puede producirse fitotoxidades por efecto del calor. Una alternativa es la inmersión en agua caliente, por ser un método mucho más sencillo y práctico con buenos resultados, especialmente en combinación con otros tratamientos de distinta naturaleza. Baños de agua generalmente se dan de 1-3 min a temperaturas de 45-50°C, se deber considerar que el margen existente entre las temperaturas efectivas y fitotóxicas (generalmente superiores a 53°C), que generan daños en frutos y hortalizas (102).

Otro sistema de aplicación es el cepillado con agua caliente ('hot water brushing', HWB) que consiste en pasar la fruta de 10-30 segundos sobre cepillos en rotación y una ducha de agua a 55-65°C. En la imagen 3.114 se puede ver fitotoxidad por curado.

Ilustración 3. 113. Fitotoxidad por curado en mandarina.



3.5.2 Control de temperatura

Los tratamientos físicos más generalizados para disminuir el desarrollo de las pudriciones en poscosecha es el empleo de temperaturas bajas o refrigeración (103). Algunos hongos en su etapa de germinación pueden soportar el frío, por lo cual, para reducir infecciones, el almacenamiento del producto durante unos días a la temperatura más baja que el producto pueda resistir sin causarle un daño es efectivo. Estos tratamientos se usan para el control de insectos como las moscas de fruta. El tratamiento requiere 10 días a temperatura de 0 °C o inferior, o bien 14 días a 1.7 °C., por lo cual, es adecuado solamente para los productos capaces de resistir bajas temperaturas de almacenamiento. La alta

humedad del almacén es importante para mantener el producto en alta calidad, sin embargo, el agua libre sobre la superficie del producto puede ocasionar problemas, ya que favorece la germinación y penetración de patógenos. Los tratamientos con calor como las inmersiones en agua caliente o el calentamiento con aire forzado, pueden asimismo ser efectivos en el control de insectos y pudriciones.

3.5.3 Atmósfera controlada

Ilustración 3. 114. Buen y mal control en atmósferas de tomate.



Para tomates verdes maduros, una concentración de 3% de oxígeno y 97% de nitrógeno, permite mantenerlos conservados más de 6 semanas a 13° C. Luego de renovar el aire y ponerlos a 18° C, madurarán normalmente con sabor aceptable. También pueden ser almacenados a 13° C por siete semanas con una combinación de 4% de O₂, 2% de CO₂, y 5% de CO mantendrán una vida comercial y calidad adecuada por una o dos semanas a 20° C. Sin embargo, someterlos a niveles de CO₂ por encima de 3-5% durante un tiempo puede ocasionar daños que incluyen retardo y maduración irregular, ablandamiento prematuro y aparición de áreas marrones en el extremo apical. Una concentración de O₂ de 2% o menos, presentan problemas de uniformidad de color y mal sabor. En la ilustración 3.115 podemos ver que un buen manejo, la atmósfera controlada minimiza pérdidas de clorofila o de síntesis de licopeno, carotenoides y xantofilas.

La conservación en atmósferas ozonizadas es de gran interés comercial. La ozonización continua o intermitente del ambiente de las cámaras a concentraciones bajas no resulta fitotóxica e inhabilita el crecimiento de *micelio* y la esporulación de *Penicillium spp.*, en frutos conservados en frío; así se puede reducir la carga de inóculo fúngico presente en los almacenes y evitar la proliferación de cepas patogénicas resistentes a los fungicidas. Sin embargo, este efecto es transitorio y los patógenos reanudan su crecimiento aéreo y esporulan una vez el ozono deja de estar presente en el ambiente (102). Como se ve en la ilustración 3. 116.

Ilustración 3. 115. Conservación de naranjas en atmósfera de aire.



3.5.4 Transporte

En nuestro país el transporte desde las zonas de producción se realiza generalmente en camiones. Los transportes abiertos sin control de temperatura y cubiertos con lonas, que la utilización de camiones refrigerados no es recomendable.

Por ejemplo, en el tomate transportado en camiones sin control de temperatura, la carga sufre deterioros de su calidad por efectos de la incidencia del viento y la temperatura ambiente, y a la elevación de la temperatura generada por el mismo proceso respiratorio de los frutos. A una temperatura muy baja (0° C), la parte superior de la carga puede sufrir daños por congelamiento.

Ilustración 3. 116. Transporte en camiones refrigerados.



Al transportar tomates en camiones refrigerados como se en la imagen 3.117, se debe tener en cuenta que la capacidad de circulación del aire está diseñada para el mantenimiento, no para el descenso de la temperatura del producto. Por eso la carga debe ingresar al termo previamente enfriada. El modelo de conducción de aire en camiones con circulación de aire superior es a lo largo, y del frente (equipo) hacia atrás. El aire viaja desde el equipo de refrigeración sobre el producto, va hacia abajo por los costados y la parte posterior del producto, y regresa a través y/o abajo del mismo y sube por el frente hacia la unidad de refrigeración (104).

Control químico

Actualmente se trata de utilizar el mínimo de tratamientos químicos en poscosecha, en caso de que, por el tipo de cultivo, solicitud del cliente, plagas y riesgo se deba emplear una sustancia o tratamiento químico para asegurar el mantenimiento de una buena calidad del producto, se tiene que considerar. El lavado con agua clorada puede prevenir el deterioro producido por bacterias y hongos. Compuestos químicos como el hipoclorito de calcio (en polvo) y el hipoclorito de sodio (líquido) son químicos baratos y fáciles de adquirir. Las frutas y hortalizas recién cosechadas deben lavarse con agua clorada que posea una concentración de 200 partes por millón de cloro activo, y luego enjuagarlas con agua potable. Es necesario revisar constantemente la concentración de cloro en el agua, utilizando una cinta reactiva para cloro, ya que, la materia orgánica que se lava de algunos frutos inactiva el cloro con que se trata, disminuyendo la eficacia del tratamiento.

Aditivos alimentarios y sustancias sintéticas (GRAS)

Son ácidos y sales orgánicas o inorgánicas con una acción bastante específica contra los microorganismos. El sorbato potásico, el benzoato sódico, el carbonato y el bicarbonato sódicos son más efectivos contra las podredumbres verde y azul de los cítricos. Se utilizan en baños de 1 a 3 min en medios acuosos calientes (40-50°C) a concentraciones del 2-3%. Presentan eficacia y persistencia similar a la de fungicidas convencionales, más aún, presentan mayor interés comercial por su efectividad, fácil disponibilidad y aplicación, bajo precio y facilidad de combinación con otros métodos alternativos de control (102). Como se ve en la ilustración 3. 118.

Ilustración 3. 117. Cítricos tratados por inmersión en una solución caliente de carbonato sódico.



Fungicidas

Para la aplicación de fungicidas se deben tomar en cuenta únicamente a aquellos autorizados y aplicar en las condiciones en las que fueron homologados como dosis, métodos de aplicación; además, debe responder al tratamiento propio de comercialización para cada producto, por ejemplo, en los tratamientos que se hacen a la corona en el banano que se exportan a los mercados de los Estados Unidos, por requerir de menos días para llegar, se emplean menores concentraciones de los fungicidas en comparación con al producto exportado a Europa que implica el doble del tiempo para llegar a su punto de destino (103).

3.5.5 Métodos químicos de baja toxicidad

Los productos químicos alternativos a los fungicidas de síntesis convencionales deben ser sustancias presentes de forma natural en plantas, animales o microorganismos como un fungicida a base de extracto de naranja con acción de control de amplio espectro que se observa en la ilustración 3. 119; o en el caso de productos sintetizados artificialmente, aditivos alimentarios permitidos sin restricciones por la legislación son últimamente analizados. Las sustancias naturales que destacan por su elevada actividad antifúngica son los extractos de plantas superiores y los aceites esenciales, como por ejemplo los glucosinolatos producidos por especies de crucíferas, los extractos de Aloe vera o de especies de los géneros *Allium* y *Capsicum* que han mostrado actividad contra podredumbres de poscosecha de cítricos.

Ilustración 3. 118. Fungicida de aceite esencial de naranja.



3.5.6 Combinación de tratamientos físicos y químicos

La integración del curado con la aplicación de sustancias de baja toxicidad como el etanol o el carbonato sódico es sumamente efectiva para tratar la podredumbre verde de los cítricos causada por *Penicillium digitatum*. La combinación de tratamientos fungicidas a bajas dosis con rayos g o electrones acelerados permite reducir las dosis de irradiación de cítricos hasta niveles no fitotóxicos. Ensayos recientes han evaluado la combinación de la aplicación de carbonato sódico con la de rayos X a dosis no fitotóxicas para evaluar posibles efectos sinérgicos en el control de las podredumbres verde y azul de los cítricos (29).

Cuestionario

1.- ¿Cuál es el hongo que provoca moho gris?

- a) *Alternaria dauci*
- b) *Colletotrichum gloesporioides*
- c) *Botryotinia fuckeliana* y *Botrytis cinerea*
- d) *Lasiodiplodia thebromae*

2.- ¿Cuáles son los principales síntomas que causa el hongo alternaria?

- a) Crea partes verdes en el fruto y lo momifica.
- b) Se observan lesiones recubiertas de una pelusilla cortas de color negro.
- c) Aparecen de forma acuosa en la piel e inicia el proceso de aparición del moho
- d) La PPO actúa como catalizador que aceleran su oxidación

3.- En el método de irradiación ¿Con que tipo de rayos se irradia al fruto?

- a) rayos γ , rayos β y rayos X
- b) rayos γ , rayos β y rayos α
- c) rayos γ , rayos α y rayos X
- d) rayos α , rayos β y rayos X

4.- Los hongos antagonísticos para controlar enfermedades en poscosecha ¿Están menos desarrollados para?

- a) Mohos y bacterias.
- b) Levaduras y bacterias.
- c) Virus y bacterias.
- d) Solo bacterias.

5.- ¿El curado es efectivo contra que microorganismo?

- a) *Alternaria*
- b) *Agraricus*
- c) *Penicillium*
- d) *Rhizopus*

4. CÁLCULOS DE TEMPERATURA EN CUARTOS FRÍOS

Las frutas y hortalizas deben mantenerse en condiciones óptimas para aumentar su calidad de vida y que de dicho modo no afecten la salud de los consumidores, para conseguir dichas condiciones las frutas y hortalizas deben pasar por un proceso de conservación. Uno de dichos procesos esenciales es la temperatura en cuartos fríos, es de gran importancia para reducir pérdidas, retrasar el proceso de maduración y sobre todo la senescencia; en el proceso de conservación se toman aspectos como el tipo de fruta y hortaliza, técnicas de conservación, maduración, entre otros. En la (ilustración 4. 120) se muestra la conservación de frutas en un cuarto frío (106).

Ilustración 4. 119. Cuarto frío para frutas.



Recordemos que podemos distinguir frutas climatéricas y no climatéricas, esto también influye en su conservación ya que, se deben analizar sus condiciones específicas de temperatura y humedad necesaria para su conservación; se utiliza cámaras frigoríficas tanto para frutas como para hortalizas.

El calor específico en frutas y hortalizas representa a la cantidad de calor que es necesario para el aumento de la temperatura de su unidad de masa del producto por la unidad de grado Fahrenheit, el calor específico es dependiente del proceso de adición del calor a presión constante (107).

Las frutas y hortalizas poseen el llamado calor de campo, este es el calor que cada una de ellas presentan, especialmente al ser cosechadas; se recomienda eliminar el calor de campo para conseguir aumentar la vida útil de dichos alimentos. Cabe recalcar que cada fruta y hortaliza presenta un calor de campo diferente (107).

A continuación, en la siguiente tabla se muestra los calores específicos, calor de campo y la temperatura recomendada para que se conserven las frutas y hortalizas respectivamente en un cuarto frío:

➤ **Frutas**

Tabla 6. Nombre científico, temperatura recomendada, calor específico y calor de campo de algunas frutas.

FRUTAS	NOMBRE CIENTÍFICO	TEMPERATURA RECOMENDADA (°C - °F)	CALOR ESPECÍFICO (Kcal/Kg/ °F)	CALOR DE CAMPO
Aguacate	<i>Persea americana</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.91	(13°C – 55,4°F)
Arándanos	<i>Vaccinium myrtillus</i>	(2 a 4°C) (35,6 a 39,2°F)	0.90	(30°C - 86°F)
Bayas	<i>Lycium barbarum</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.90	(20°C - 68°F)
Cereza	<i>Prunus subg. Cerasus</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.87	(0°C - 32°F)
Ciruela	<i>Prunus domestica</i>	(-0.6 a 0.5°C) (30,92 a 32,9°F)	0.89	(23°C -73,4°F)
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	(0 a 1,5 °C) (32 a 34.7°F)	0.58	(3°C -37,4°F)
Fresas	<i>Fragaria</i>	(-0,5 a 0°C) (31,1 a 32 °F)	0.92	(15°C -69 °F)
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>	(-0,5 a 0°C) (31,1 a 32 °F)	0.91	(28°C -82,4 °F)
Limón	<i>Citrus limon</i>	(2 a 4°C) (35.6 a 39.2°F)	0.91	(30°C -86°F)
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	(1 a 3°C) (33,8 a 37,4°F)	0.92	(30°C -86 °F)
Mango	<i>Mangifera indica</i>	(11 a 13°C) (51,8 a 55,4°F)	0.85	(14°C -57,2 °F)
Manzana	<i>Malus domestica</i>	(-1 a 1°C) (30,2 a 33,8 °F)	0.88	(2°C – 35,6°F)
Melón	<i>Cucumis melo</i>	(2 a 4°C) (35.6 a 39.2°F)	0.97	(5°C -41°F)
Mora	<i>Rubus ulmifolius</i>	(-0,5 a 0°C) (31,1 a 32 °F)	0.87	(7,2°C – 45°F)
Naranja	<i>Citrus × sinensis</i>	(0 a 2°C) (32 a 35,6°F)	0.90	(30°C - 86°F)
Papaya	<i>Carica papaya</i>	(6 a 7°C) (42,8 a 44,6°F)	0.93	(22°C – 71,6 °F)
Pera	<i>Pyrus communis</i>	(-0,5 a 0°C) (31,1 a 32 °F)	0.86	(15°C - 59°F)
Piña	<i>Ananas comosus</i>	(11 a 13°C) (51,8 a 55,4°F)	0.88	(23°C – 73,4°F)
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>	(2 a 4°C) (35.6 a 39.2°F)	0.94	(25°C - 77°F)
Uvas	<i>Vitis vinifera L.</i>	(-1 a 0°C) (30,2 a 32 °F)	0.86	(20°C -68 °F)

➤ **Hortalizas y verduras**

Tabla 7. Hortalizas y frutas, temperatura, calor específico y calor de campo.

HORTALIZAS Y VERDURAS	NOMBRE CIENTÍFICO	TEMPERATURA RECOMENDADA (°C - °F)	CALOR ESPECÍFICO (Kcal/Kg/ °F)	CALOR DE CAMPO
Acelga	<i>Beta vulgaris var. cicla</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.89	(17°C- 62,6°F)
Ajo	<i>Allium sativum</i>	(-4 a 1°C) (24,8 a 33.8 °F)	0.69	(24°C - °75,2F)
Apio	<i>Apium graveolens</i>	(-0,5 a 0°C) (31,1 a 32 °F)	0.95	(1°C – 33,8°F)
Brócoli	<i>Brassica oleracea var. italica</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.92	(19°C-66,2°F)
Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	(5 a 6°C) (41 a 42,8 °F)	0.95	(13°C– 55,4°F)
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	(-2 a 0°C) (28,4 a 32 °F)	0.91	(30°C - 86°F)
Col	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>	(0 a 0,5°C) (32 a 32,9 °F)	0.91	(2°C – 35,6F)
Coliflor	<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.94	(10°C -50°F)
Espárragos	<i>Asparagus officinalis</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.95	(9°C -48,2°F)
Habas	<i>Vicia faba</i>	(1 a 3°C) (33,8 a 37,4°F)	0.86	(12°C-53,6°F)
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.96	(20°C -68°F)
Maíz	<i>Zea mays</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.82	(27°C -80,6 °F)
Nabo	<i>Brassica rapa subsp. rapa</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.93	(5,55°C - 42°F)
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	(5 a 7°C) (41 a 44,6°F)	0.82	(23°C – 73,4°F)
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	(8 a 10 °C) (46,4 a 50°F)	0.97	(30°C -86°F)
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.88	(25°C -77 °F)
Pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	(7 a 8°C) (41 a 46,4°F)	0.94	(25°C -77°F)
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	(-1 a 0°C) (30,2 a 32 °F)	0.80	(10°C -50°F)
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.90	(22°C -71,6°F)
Tomate	<i>Lycopersicon</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.95	(12,77°C-55°F)
Trigo	<i>Triticum</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.79	(31°C -87,8 °F)
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	(0 a 1°C) (32 a 33.8 °F)	0.92	(24°C -75,2°F)
Zapallo	<i>Cucurbita maxima</i>	(5 a 6°C) (41 a 42,8 °F)	0.95	(13°C– 55,4°F)

Fuente: (107)

Además, es importante realizar cálculos de calor eliminado en el proceso de refrigeración de los diferentes alimentos, en especial de frutas y hortalizas. Para ello, se deben tomar en cuenta aspectos como el peso del producto, su calor específico, la temperatura con que entró la fruta u hortaliza al cuarto frío, de igual forma la temperatura a la que debe ser conservado dicho alimento. Se debe considerar que una tonelada en refrigeración corresponde a 12.000 BTU/hr o lo que es igual a 3.5 Kw de refrigeración. A continuación, se muestra la fórmula utilizada para dicho cálculo:

Ecuación 8. Cálculo de toneladas de refrigeración y control de temperatura.

$$Tr = \frac{\text{Peso del producto} * \text{Calor específico del producto} * \text{Diferencia temperatura}}{12.000 \text{ BTU/hr}}$$

Tr: Toneladas de refrigeración y control de temperatura.

Otro aspecto necesario por considerar es agregar el 25% la cantidad obtenida una vez calculada con la ecuación antes mencionada, esto permitirá eliminar el calor que genera el producto cuando transpira, calor de empaque, personas que manipulan las cajas y el aire que se escapa al abrir y cerrar puertas del cuarto frío. En la fórmula a continuación observamos lo antes dicho:

Ecuación 9. Cálculo de Toneladas de capacidad de refrigeración.

$$Tcr = 0,25 * \text{Toneladas de refrigeración} + Tr$$

Tcr: Toneladas de capacidad de refrigeración.

Tr: Toneladas de refrigeración y control de temperatura.

Ejemplos de cálculo de temperatura en cuartos fríos:

- 1) En un cuarto frío se requiere enfriar **7000 libras** de tomate rojo, a una temperatura de **47°F**, su temperatura de pulpa es de **55°F**.

$$Tr = \frac{7000 \text{ lb} * 0,95 \text{ (Kcal/Kg/ } ^\circ\text{F)} * (55^\circ\text{F} - 47^\circ\text{F})}{12,000} = \frac{53200}{12000} = 4,43 \text{ Toneladas de refrigeración.}$$

$$T_{cr} = 0,25\% * 4,43 \quad 1,11 \quad 4,43 + 1,11 \quad 5,54 \quad \text{Toneladas de capacidad de refrigeración}$$

2) En un cuarto frío se requiere enfriar **5000 libras** de mora, a una temperatura de **32°F**, su temperatura de pulpa es de **45°F**.

$$T_r = \frac{5000 \text{ lb} * 0,87 (\text{Kcal/Kg/ } ^\circ\text{F}) * (45^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F})}{12,000} \quad 56550 \quad 4,71 \quad \text{Toneladas de refrigeración.}$$

$$T_{cr} = 0,25\% * 4,71 \quad 1,18 \quad 4,71 + 1,11 \quad 5,89 \quad \text{Toneladas de capacidad de refrigeración}$$

4.1 Control de temperatura

El control de temperatura en cuartos fríos es muy importante e indispensable para la conservación de frutas y hortalizas, los cuartos fríos ofrecen un ambiente limpio y libre del crecimiento bacteriano, además de facilitar la manipulación y comercialización de los alimentos (106).

El control de temperatura de frutas y hortalizas se da desde su recepción al cuarto frío hasta su preparación; el mal manejo de vegetales, hortalizas y frutas trae como consecuencia la descomposición de los demás alimentos, generando pérdidas. En la ilustración 3. 121, observamos el control de temperatura en un cuarto frío.

Ilustración 4. 120. Almacenamiento de frutas y hortalizas en cuartos fríos.



Es necesario resaltar que la temperatura en los cuartos fríos para el manejo de frutas y hortalizas se encuentra en un rango de 0 a 2°C en aquellas frutas que contiene semillas, en

cítricos y verduras con hojas verdes. Por otra parte, la temperatura ideal en cuartos fríos para tubérculos y frutas tropicales se encuentra entre 5 °C y 10 °C, tomando como consideración que estas son mucho más sensibles al frío que las demás frutas y hortalizas (108).

Ilustración 4. 121. Control de temperatura en cuartos fríos.



4.2 ¿Cómo calcular la temperatura en cámaras?

Una de las técnicas de conservación de frutas y hortalizas es la utilización de cámaras frigoríficas con atmosferas controladas, estas son amigables con el medio ambiente, ya que utilizan dióxido de carbono, amoníaco y glicol como refrigerantes (109).

Ilustración 4. 122. Cámara frigorífica de conservación para frutas y hortalizas.



Las cámaras frigoríficas son capaces de controlar aspectos necesarios y fundamentales para la conservación de frutas y hortalizas como: la temperatura, humedad, ventilación dentro de la cámara, entre otros (109).

La temperatura puede afectar indistintamente a las frutas dependiendo si son climatéricos (retrasa la maduración) y no climatéricos (desaceleran el proceso de deterioro), pero también se debe tomar en consideración que las altas temperaturas causaran daños en los tejidos y actividad enzimática; cuando la temperatura es mayor de 40°C o 60°C se verán afectados el sabor y textura de las frutas y hortalizas (110).

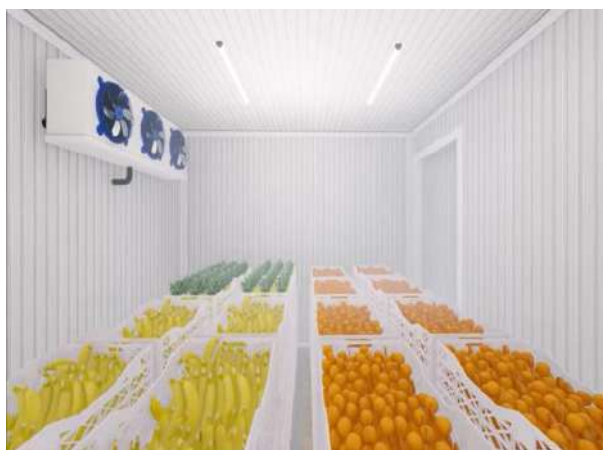
El control de temperatura se debe realizar con el campo de sondas térmicas que poseen amortiguación, estas son encargadas de desviar las condiciones de calor en el interior de la cámara frigorífica. En la Ilustración 4.124 se muestra un diseño de sondas térmicas (110).

Ilustración 4. 123. Sondas térmicas con amortiguación.



Las bajas temperaturas de refrigeración provocan ciertas alteraciones asociadas al sabor y rompimiento de tejidos de frutas y hortalizas; por otra parte, las frutas tropicales no toleran el frío y son las más susceptibles a tener un color oscuro y sabor desagradable, principalmente sufren dichos cambios a temperaturas que van de 5°C a los 14°C por un periodo determinado. En la ilustración 4. 125 se muestra el sistema de refrigeración en un cuarto frío (151).

Ilustración 4. 124. Sistema de refrigeración en cuarto frío.



Al igual que en los cuartos fríos, para calcular la temperatura en cámaras frigoríficas utilizamos la ecuación asociada al peso del producto, su calor específico, la temperatura con que entró la fruta u hortaliza a la cámara frigorífica, de igual forma la temperatura con la que deben conservarse, siempre tomando en cuenta que una tonelada de refrigeración es igual a 12.000 BTU/h o dicho de otro modo 3.5 Kw de refrigeración.

Seguidamente, añadimos el 25% a la cantidad obtenida una vez calculada con la ecuación antes mencionada, esto permitirá eliminar el calor que genera el producto cuando transpira, calor de empaque, personas que manipulan las cajas y el aire que se escapa al abrir y cerrar puertas de la cámara frigorífica.

Ejemplos de cálculo de temperatura en cámaras frigoríficas:

- 1) En una cámara frigorífica se requiere enfriar **6000 libras** de pepino, a una temperatura de **49°F**, su temperatura de pulpa es de **86°F**.

$$Tr = \frac{6000 \text{ lb} \times 0,97 \text{ (Kcal/Kg/ } ^\circ\text{F)} \times (86^\circ\text{F} - 49^\circ\text{F})}{12,000} = \frac{215340}{12000} = 17,95 \text{ Toneladas de refrigeración.}$$

$$Tcr = 0,25\% \times 17,95 = 4,49 \quad 17,95 + 4,49 = 22,43 \text{ Toneladas de capacidad de refrigeración}$$

- 2) En una cámara frigorífica se requiere enfriar **4000 libras** de arándanos, a una temperatura de **38°F**, su temperatura de pulpa es de **86°F**.

$$Tr = \frac{4000 \text{ lb} \cdot 0,91 \text{ (Kcal/Kg/ } ^\circ\text{F)} \cdot (86^\circ\text{F} - 38^\circ\text{F})}{12,000} = \frac{174720}{12000} = 14,56 \text{ Toneladas de refrigeración.}$$

$$Tcr = 0,25\% \cdot 14,56 = 3,64 \quad 14,56 + 3,64 = 18,20 \text{ Toneladas de capacidad de refrigeración}$$

4.3 Almacenamiento y conservación de la producción

Es un factor importante sobre el clima templado en la producción de frutas y hortalizas, a diferencia del clima tropical y subtropical, en donde su periodo de cosecha es muy amplio y la cosecha se distribuye en el tiempo. El tiempo del producto puede ser almacenado en lo cual depende de sus características intrínsecas (69).

➤ Características generales de una estructura de almacenamiento

En cuanto, a las estructuras de almacenamiento están conectadas o forman parte de centros de acopio o almacenes de carga y descarga, el almacenamiento en finca es de forma natural o en estructuras especialmente adaptadas para esta función. Incluso cuando se utilizan sistemas mecánicos para crear condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa, la ubicación y el diseño de la instalación de almacenamiento tienen un impacto crítico en el funcionamiento y la eficacia del sistema.

Tabla 8. Condiciones de almacenamiento óptima de frutas y vegetales durante la poscosecha.

ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (días)
Aceituna fresca	<i>Olea europea</i>	5 -10	85- 90	28- 42
Acelga	<i>Beta vulgaris var. Cyclo</i>	0	95- 100	10 – 14
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	0	85- 90	49- 56
Achicoria	<i>Cichorium intybus</i>	0	95- 100	14- 21
Ajo	<i>Allium sativum</i>	0	65- 70	180- 210

Albahaca	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>Cycla</i>	0	85- 95	7
Alcaucil	<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i>	0	95- 100	14- 21
Alcayota/chilacayote	<i>Cucúrbita ficifolia</i>	7	85- 90	28 -42
Anna		7 -13	85- 90	14- 28
Apio	<i>Apium graveolens</i>	0	98- 100	30- 90
Apionabo	<i>Apium graveolens</i> var. <i>rapaceum</i>	0	97- 99	180- 240
Arándano azul	<i>Vaccinium</i> <i>corymbosum</i>	-0.5- 0	90- 95	14
Arándano rojo	<i>Vaccinium</i> subg. <i>Oxycoccus</i>	2- 4	90- 95	60-120
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	0	95- 98	7- 14
Arveja china	<i>Pisum sativum</i> L. var. <i>culantao</i>	0-1	90- 95	7- 14
Atemayo	<i>Annona x atemoya</i>	13	85- 90	28- 42
Babaco	<i>Vasconcellea</i> x <i>heilbornii</i>	7	85 -90	7- 21
Banana – plátano	<i>Musa x paradisiaca</i>	13- 15	90- 95	7 -28
Batata	<i>Ipomoea batatas</i>	13- 15	85- 90	120- 210
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	8- 12	90- 95	7
Berro	<i>Nasturdium</i> <i>officinale</i>	0	95- 100	14- 21
Bledo	<i>Amaranthus</i>	2	95- 100	10- 14
Bok Choy	<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>	0	95- 100	21
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	0	95- 100	14- 21
Brates germinados		0	95- 100	7
Caimito	<i>Chrysophyllum</i> <i>cainito</i>	3	90	21
Calamondin	<i>Citrofortunella</i>	9- 10	90	14
Caqui	<i>Diospyros kaki</i>	-1	90	90- 120
Carambola	<i>Arrehoa carambola</i>	9- 10	85- 90	21- 28
Cebolla bulbo	<i>Allium cepa</i>	0	65- 70	30-240

Cebolla de verdeo	<i>Allium fistulosum</i>	0	95- 100	21- 28
Cebollino	<i>Allium shoenoprasum</i>	0	95 -100	14- 21
Cereza	<i>Prunus cerasus</i>	-1- 0.5	90- 95	14- 21
Ciruelas	<i>Prunus domestica</i>	-0.5- 0	90- 95	14- 35
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	1.5	80- 85	30- 60
Coliflor	<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>	0	95- 98	21- 28
Colinabo	<i>Brassica napus Napobrassica group</i>	0	98- 100	60- 90
Col rizada	<i>Brassica oleracea</i>	0	95- 100	10- 14
Chaucha	<i>Phaseolus vulgaris L. legumbre</i>	4- 7	95	7- 10
Cherimoya	<i>Annona cherimola</i>	13	90- 95	14- 28
Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	15- 20	85- 90	14- 21
Chirivía	<i>Pastinaca sativa</i>	0	95- 100	120- 180
Choclo	<i>Zea mays var. saccharata</i>	1.5	95- 98	5- 8
Daikon	<i>Raphanus sativus var. longipinnatus</i>	1	95- 100	120
Damasco	<i>Prunus armeniaca</i>	-0.5- 0	90- 95	7- 21
Dátiles	<i>Phoenix dactylifera</i>	-18- 0	75	180- 360
Durazno	<i>Prunus persica</i>	-0.5- 0	90- 95	14- 28
Durión	<i>Durio zibethinus</i>	4- 6	85- 90	42- 56
Endivia	<i>Cichorium endivia var. crispa</i>	3	95- 98	14- 28
Escarola	<i>Cichorium endivia</i>	0	95- 100	14- 21
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>	0	95- 100	10- 14
Esparrago	<i>Asparagus officinalis</i>	2	95- 100	14- 21
Feijoa	<i>Acca sellowiana</i>	5- 10	90	14- 21
Frambuesa	<i>Rubus idaeus</i>	-05- 0	90- 95	2-3
Fruto árbol del pan	<i>Artocarpus altilis</i>	13- 15	85- 90	14- 42
Frutilla	<i>Fragaria</i>	0.5	90- 95	5- 7
Granada	<i>Púnica granatum</i>	5	90- 95	60- 90
Grosella	<i>Ribes rubrum</i>	-0.5- 0	90- 95	7- 28
Guanábana	<i>Annona muricata</i>	13	85- 90	7- 14
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	5- 10	90	14- 21

Guinda ácido	<i>Prunus cerasus</i>	0	90- 95	3- 7
Haba	<i>Vicia faba</i>	2	90- 98	7- 14
Higos	<i>Ficus carica L.</i>	-0.5- 0	85- 90	7- 10
Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>	2	90- 95	14- 21
Hongos comestibles	<i>Agaricus bitorquis</i>	1.5	95	5- 7
Jabuticaba	<i>Plinia cauliflora</i>	13- 15	90- 95	2- 3
Jaca/ Yaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	13	85- 90	14- 42
Jenjibre	<i>Zingiber officinale</i>	13	65	180
Jicama	<i>Pachyrhizus erosus</i>	13- 18	65- 70	30- 60
Kiwano	<i>Cucumis metuliferus</i>	10- 15	90	180
Kiwi		-0.5- 0	90- 95	90- 150
Kumquat	<i>Fortunella</i>	4	90- 95	14- 28
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	0- 2	98- 100	14- 21
Lima	<i>Citrus x aurantiifolia</i>	9- 10	85- 90	42- 56
Limón	<i>Citrus limon</i>	10- 13	85- 90	30- 180
Litchi	<i>Litchi chinensis</i>	1- 2	90- 95	21- 35
Longan	<i>Dimocarpus longan</i>	1- 2	90- 95	21- 35
Malanga	<i>Colocasia esculenta</i>	7	70- 80	90
Mamey sapote	<i>Pouteria saapota</i>	13- 18	85- 95	14- 42
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	4- 7	90 -95	14- 28
Mango	<i>Mangifera indica</i>	13	90- 95	14- 21
Mangostán	<i>Garcinia mangostana</i>	13	85- 90	14- 28
Manzana	<i>Malus domestica</i>	-1- 4	90- 95	30- 180
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	7- 10	85- 90	21- 35
Marañen	<i>Anacardium occidentale</i>	0- 2	85- 90	35
Melón Cantalupo Inm.	<i>Cuncumis melo var. reticulatos</i>	2- 5	95	15
Melon Cantalupo mad	<i>Cuncumis melo var. reticulatos</i>	0- 2	95	5- 14
Melón (otros)	<i>Cuncumis melo var. reticulatos</i>	7 -10	90 -95	12- 21
Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>	-0.5- 0	90	60- 90
Mora	<i>Morus alba</i>	-0.5- 0	90- 95	2- 3

Nabo	<i>Brassica napus</i> var. <i>rapifera</i>	0	90- 95	120
Naranja	<i>Citrus x sinensis</i>	0- 9	85- 90	56- 84
Nectarines	<i>Prunus pérsica</i> var. <i>nucipersica</i>	-0.5- 0	90- 95	14- 28
Níspero de Japón	<i>Eriobotrya japonica</i>	0	90	21
Nopales	<i>Opuntia ficus-indica</i>	2- 4	90- 95	14- 21
Ñame	<i>Dioscórea spp</i>	16	70- 80	60- 210
Okra	<i>Abelmoschus esculentus</i>	7- 10	90- 95	7 -10
Palta	<i>Persea americana</i>	3- 13	85- 90	14- 56
Papa madura	<i>Solanum tuberosum</i>	4.5- 13	90-95	150- 300
Papa inmadura	<i>Solanum tuberosum</i>	7- 16	90- 95	10- 14
Papaya	<i>Carica papaya</i>	7- 13	85- 90	7- 21
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	10- 13	95	10- 14
Pepino dulce	<i>Solanum muricatum</i>	5- 10	95	28
Pera	<i>Pyrus</i>	-1.5- 0.5	90- 95	150- 180
Pera asiática	<i>Pyrus pyrifolia</i>	1	90- 95	150- 180
Perejil	<i>Petroselinum sativum</i>	0	95- 100	30- 60
Pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	7- 13	90- 95	14- 21
Pitaya	<i>Selenicereus undatus</i>	6- 8	85- 95	14- 21
Pomelo	<i>Citrus máxima</i>	10- 15	85- 90	42- 56
Poroto lima	<i>Phaseolus lunatus</i>	3- 5	95	5- 7
Poroto seco	<i>Phaseolus vulgaris</i>	4- 10	40- 50	180- 300
Puerro	<i>Allium porrum</i>	0	95- 100	60- 90
Rabanito	<i>Raphanus sativus</i>	0	95- 100	21- 28
Rábano picante	<i>Raphanus sativus</i>	-1- 0	98- 100	300- 360
Radichio	<i>Cichorium intybus</i> var. <i>Foliosum</i>	0- 1	95- 100	14- 21
Rambután	<i>Nephelium lappaceum</i>	10- 12	90- 95	7- 21
Remolacha c/hojas	<i>Beta vulgaris</i>	0	98- 100	10- 14
Remolacha s/hojas	<i>Beta vulgaris</i>	0	98- 100	120- 180

Repollo	<i>Brassica oleracea</i> <i>var. Capitata</i>	0	98- 100	150- 180
Repollo de Bruselas	<i>Brassica oleracea</i> <i>var. gemmifera</i>	0	95- 100	21- 35
Repollo chino	<i>Brassica campestris</i> <i>var. pekinensis</i>	0	95- 100	60- 90
Ruibarbo	<i>Rheum rhabarbarum</i>	0	95- 100	14- 28
Rutabaga	<i>Brassica napus</i> <i>Napobrassica group</i>	0	98- 100	120- 180
Salsifí	<i>Tragopogon</i> <i>porrifolius</i>	0	95- 100	60- 120
Salsifí negro	<i>Scorzonera</i> <i>hispanica</i>	0	95- 98	180
Sandia	<i>Citrullus vulgaris</i>	10- 15	90	14- 21
Sapote amarillo	<i>Pouteria</i> <i>campechiana</i>	13- 15	85- 90	21
Sapote blanco	<i>Casimiroa edulis</i>	19- 21	85- 90	14- 21
Sapote negro	<i>Diospyros nigra</i>	13- 15	85- 90	14- 21
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	7	90- 95	21- 28
Taro	<i>Colocasia esculenta</i>	7- 10	85- 90	120- 150
Tomate verde maduro	<i>Lycopersicum</i> <i>esculentum</i>	12.5- 15	90- 95	14- 21
Tomate rojo maduro	<i>Lycopersicum</i> <i>esculentum</i>	8- 10	90- 95	8- 10
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i>	3- 4	85- 90	21- 28
Tomatillo	<i>Physalis</i> <i>philadelphica</i>	13- 15	85- 90	21
Topinanbur	<i>Helianthus tuberosus</i>	-0.5- 0	90- 95	120- 150
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	2- 4	90- 95	21
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	-0.5- 0	90-95	14- 56
Yuca	<i>Yucca filamentosa</i>	0- 5	85- 96	30- 60
Zanahoria c/hoja	<i>Daucus carota</i>	0	95- 100	14
Zanahoria s/hoja mad.	<i>Daucus carota</i>	0	98- 100	210- 270
Zapallos	<i>Cucurbita maxima</i>	10- 15	50- 70	60- 160
Zapallito	<i>Cucurbita maxima</i>	5- 10	95	7- 14

Fuente: (111)

Para su debido almacenamiento la bodega tiene un diseño importante en la distribución general espacial, térmicamente es más eficiente que un rectángulo. El techo es muy relevante, ya que protege el producto de las lluvias y del calor. Básicamente, el techo debe tener una caída y así evitar el evacuar el agua., el piso debe ser de concreto para evitar la humedad del suelo, las paredes deben ser fuertes y resistentes y la puerta es necesario para evitar que ingresen animales (roedores, aves, insectos, etc.). En la bodega de almacenamiento debe estar limpia todas las partes como el piso, paredes, eliminar suciedad y desechos orgánicos que alberguen insectos y enfermedades. Ya que al momento de ingresar el producto primero debe ser inspeccionado y preclasificado eliminado el producto dañado, para así evitar la contaminación con el resto. Debe permitirse la circulación libre del aire y la inspección de calidad durante el tiempo de almacenamiento.

➤ **Sistema de almacenamiento**

Los productos almacenados pueden ser conservados en refrigeración o atmósferas controladas.

➤ **Almacenamiento natural o campo**

Un sistema más rudimentario en muchos cultivos, por ello el producto está siendo expuesto a las plagas, enfermedades y condiciones climáticas que afectarían a la calidad del producto. El almacenamiento se observa en la (ilustración 4. 126). En el campo, una vez cosechado se almacena en sacos, canastas, gavetas de plásticos, pajas, etc. esto permite el aislamiento de la humedad del suelo y protección de la lluvia (111).

Ilustración 4. 125. Almacenamiento de cebolla protegida por paja.



➤ **Ventilación natural**

Son simples estructuras de almacenamiento en donde se elimina el calor y la humedad generada por la respiración. Además, la temperatura y la humedad relativa varía durante el día, siendo máxima y mínima al mediodía y mientras que en la noche ocurre lo inverso (111).

Ilustración 4. 126. Ventilación natural.



➤ **Ventilación forzada**

En donde la instalación de ventiladores fuerza al aire a pasar a través del producto acelerando el intercambio gaseoso y térmico. Este sistema permite almacenar a granel en pilas de hasta 3 metros, aprovechando mucho mejor el espacio dentro de la estructura de almacenamiento. El aire circula por debajo del piso forzado por un ventilador y pasa a través de la masa almacenada (ilustración 4. 128).

Ilustración 4. 127. Instalación de ventilación forzada.



➤ **Refrigerado**

Es una herramienta importante en donde a bajas temperaturas disminuye la actividad de enzimas y microorganismo, por ende, también reduce el ritmo respiratorio, conservando las reservas que son consumidas en el proceso, de la maduración y se minimiza el déficit de las presiones a vapor entre el producto y medio ambiente, disminuyendo la deshidratación. Estos factores favorecen la conservación de la frescura del producto como la calidad y valor nutritivo. Es necesario, que pueda controlarse la temperatura y la humedad relativa en el interior de la bodega.

Ilustración 4. 128. Vista interior de una cámara para el almacenamiento refrigerado.



➤ **Pre-enfriamiento**

Es un proceso que reduce rápidamente la temperatura de campo del producto recién cosechado y previo a su procesamiento industrial, almacenamiento o transporte refrigerado. Un proceso absolutamente necesario para mantener la calidad de frutas, hortalizas y otros productos vegetales que forma parte de la “cadena de frío” para maximizar la vida poscosecha del producto.

El pre-enfriado es una operación aparte, que necesita de instalaciones especiales, además es complementaria para el almacenamiento de refrigeración (111).

Ejemplo de pre-enfriamiento

Si tenemos un producto cuya temperatura de campo es 30 °C expuesto a un medio refrigerante a 10 °C, el pre-enfriado debería finalizar cuando ha perdido el 7/8 de la diferencia entre ambas temperaturas.

Ecuación 10 formula para calcular el Pre-enfriamiento

$$T_{final} = T_{inical\ del\ producto} - [(7 * T_{inicial\ del\ producto} - T_{refrigerado})]/8$$

$$T_{final} = 30^{\circ} - \frac{[7 * (30 - 10)]}{8} = 12.5^{\circ}C$$

Las vegetales más que optan por el método de preenfriamiento y las más comunes en (tabla 4. 9).

Tabla 9. Vegetales y frutas pre-enfriado en cámara.

Ajo	Cherimoya	Ñame	Salsifí
Alcaucil	Escorzonera	Papa	Sandia
Ananá	Fruto árbol pan	Pastinaca	Sapote
Anona	Jenjibre	Pepino dulce	Tomate
Apio raíz	Jicama	Pera asiática	Tomate de árbol
Atemoya	Kiwano	Plátano	Tomate physalis
Banana	Kumquat	Pomelo	Tangerina
Batata	Lima	Poroto seco	Topinambur
Calabacita verano	Limón	Rabanito	Tuna
Carambola	Melones	Rábano	Yuca
Cebolla	Membrillo	Remolacha	Zapallo
Coco	Nabo	Repollo	
Colrábano	Naranja	Riubarbo	
Chayote	Nopales	Rutabaga	

Fuente: (38)

➤ **Por aire forzado**

Ilustración 4. 129. Interior de una cámara para el preenfriamiento por aire forzado.



Es aquello que pasa a través de un producto envasado, mediante la creación de un gradiente de presiones entre ambos lados mismos. Se toma en cuenta que los envases estén diseñados para permitir el movimiento de aire a través de ellos (111).

Tabla 10. Frutas y vegetales mediante aire forzado.

Ananá	Cherimoya	Maracuyá	Poroto lima
Anona	Feijoa	Melones	Poroto chaucha
Arveja china	Frutilla	Membrillo	Repollo de Bruselas
Atemoya	Fruto árbol pan	Naranja	Riubarbo
Banana	Granda	Nopales	Sapote
Berenjena	Guayaba	Ñame	Tomate
Berries	Higo	Okra	Tomate de árbol
Caimito	Hongos	Palta	Tomate physalis
Calabacita verano	Jengibre	Papaya	Tangerina
Caqui	Kiwi	Pepino	Tuna
Carambola	Kumquat	Pimiento bello	Uva
Cereza barbados	Litchi	Plátano	Yuca
Coco	Mango	Pepino dulce	Zapallo
Chayote	Mangostán	pomelo	

Fuente: (38)

➤ Hidro enfriado

El agua es el medio refrigerante por su mayor capacidad para extraer el calor, hace que sea un método mucho más rápido que el enfriado por aire. El hidro enfriado puede realizarse por inmersión o por aspersión o lluvia de agua fría. En este último caso, es necesario que se ejecute en capas finas, para lograr una temperatura uniforme (111).

Tabla 11. Frutas y vegetales mediante hidro enfriado.

Acelga	Calabacita verano	Kiwi	Rabanito
Alcaucil	Cebolla verdeo	Maíz dulce	Rábano
Apio	Chirivía	Melón cantalupo	Remolacha
Apio raíz	Coliflor	Naranja	Repollo Bruselas
Arveja china	Col rábano	Papa temprana	Repollo chino
Arveja verde	Endivia	Pepino	Riubarbo
Berenjena	Escarola	Perejil	Salsifí
Berro	Espárrago	Puerro	Topinambur
Brócoli	Espinaca	Poroto lima	Yuca
Caimito	Granada	Poroto chaucha	Zanahoria

Fuente: (38)

➤ Por contacto con hielo

La principal desventaja de este sistema es que está limitado a aquellas frutas y hortalizas que toleran el contacto con el hielo (Tabla 5) además de incrementar el costo por el aumento de peso y la necesidad de usar envases sobredimensionados. Adicionalmente, a medida que se derrite, el agua moja depósitos, contenedores y locales de venta (111).

Tabla 12. Frutas y vegetales que pueden ser pre-enfriado con hielo.

Acelga	Cebolla verdeo	Espinaca	Puerro
Arveja verde/ china	Col rábano	Maíz dulce	Repollo Bruselas
Berro	Escarola	Melón cantalupo	Repollo chino
Brócoli	Endivia	Perejil	zanahoria

Fuente: (38)

➤ **Evaporativo**

Un método simple de pre-enfriado que consiste en forzar la circulación de aire seco a través del producto que es mantenido húmedo. La evaporación que sufre el agua de manera superficial es necesaria para lograr extraer el calor de los productos. Un método tiene muy bajos requerimientos energéticos, pero la capacidad de enfriado está limitada por la capacidad del aire para contener humedad, por lo tanto, este método es útil únicamente en las áreas que tengan un nivel muy baja humedad relativa del ambiente (111).

➤ **Por vacío**

La captura de calor por un líquido que se evapora a muy baja presión, el agua se evapora a 100°C a una presión normal de 760 mmHg lo cual los productos deben ser colocados en contenedores sellados en donde se realiza el vacío (ilustración 4. 131), esta pérdida de peso fresco es controlada mediante aspersores internos que se ponen en funcionamiento con el objetivo de disminuir la presión.

Ilustración 4. 130. Enfriamiento por vacío.



Tabla 13. Vegetales que pueden ser pre-enfriados por vacío.

Acelga	Endivia	Maíz dulce	Repollo Bruselas
Apio	Escarola	Poroto lima	Repollo chino
Arveja	Espinaca	Poroto chaucha	Zanahoria
Barro	Hongos	Puerro	
Coliflor	Lechuga	Radiccio	

Fuente: (38)

➤ **Daño por frío**

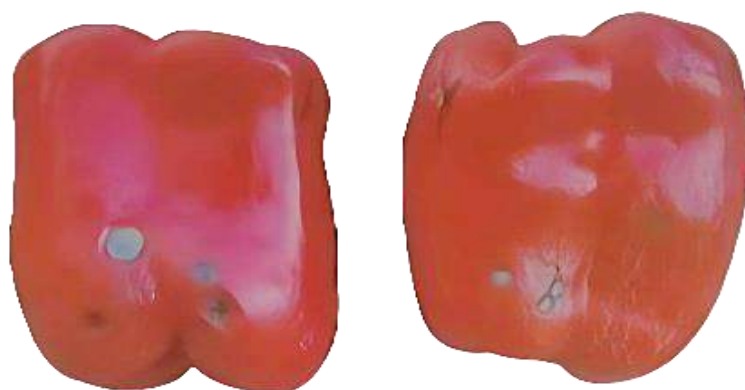
Esto se debe al inadecuado manejo de las bajas temperaturas, sin embargo, conduce a un acelerado deterioro de la calidad. El daño que es producido por el congelamiento es muy poco frecuente con el nivel de almacenamiento refrigerado, esto ocurre por ciertos aspectos de descuido o por el mal funcionamiento de los equipos encargados en el enfriamiento o por controladores de temperatura.

Por ejemplo (ilustración 14) en los pimientos se observa la presencia colonias por patógenos y el deterioro al fruto.

Ilustración 4. 131. Daño por frío.



Ilustración 4. 132. Daño por frío.



➤ **Etileno y otras contaminaciones gaseosas**

En bajas condiciones de almacenamiento en estructuras herméticas producen acumulaciones de gases, metabolismo vegetal, siendo el etileno y otros volátiles las contaminaciones más frecuentes (Tabla 4.15). El etileno es una fitohormona vegetal que regula del crecimiento, desarrollo y senescencia de los tejidos vegetales. Además, es

responsable de los cambios en la textura, color, consistencia, sabor y otros procesos que incluyen a la maduración de los frutos climatéricos (111).

➤ ¿Qué es el etileno?

Es un hidrocarburo insaturado gaseoso que no se puede observar al ojo humano, ya que esto se produce de forma natural en órganos senescentes y durante el proceso de maduración de los frutos climatéricos.

Esta sustancia juega un papel muy importante en la poscosecha de muchos cultivos hortofrutícolas. La putrefacción es uno de los síntomas por daño de etileno en la poscosecha (111).

Lo cual es liberado al ambiente en forma de gas y se acumula en niveles fisiológicamente activos, ya que es eliminado químicamente o mediante la ventilación.

Tabla 14. Frutas y vegetales sensibles y productoras de etileno y olores.

Productos	Producto de etileno	Sensible al etileno	Producto de olores	Sensible a olores
Aceituna fresca		X		
Acelga		X		
Albahaca		X		
Ananá				X
Anona	X	X		
Apio		X		X
Arveja		X		
Arveja china		X		
Atemoya	X	X		
Banana	X	X		
Batata		X		
Berenjena		X		X
Berro de agua		X		
Brócoli		X		
Calabacita verano		X		
Caqui	X	X		
Cebolla			X	X

Cebolla verdeo		X	X	
Cebollino		X		
Cereza				X
Chicozapote	X	X		
Chirimoya	X	X		
Chirivia		X		
Ciruela	X	X		
Col crespá		X		
Coliflor		X		
Damasco	X	X		
Dátiles				X
Durazno	X	X		
Endivia		X		
Escarola		X		
Esparrago		X		
Espinaca		X		
Feijoa	X			
Guayaba	X	X		
Higo	X			X
Hongos	X	X		X
Jaca	X	X		
Kiwano		X		
Kiwi	X	X		
Lechuga		X		
Lima			X	
Limón			X	
Litchi	X	X		
Maíz dulce				X
Mandarina		X		
Mango	X	X		
Manzana	X	X	X	X
Maracuyá	X	X		
Melones	X	X		
Membrillo	X	X		
Ñame		X		
Naranjas		X	X	
Nectarines	X	X		

Nopales		X		
Okra		X		
Palta	X	X	X	X
Papa		X	X	X
Papaya	X			
Pepino		X		
Pepino dulce		X		
Pera asiática	X	X		
Perejil		X		
Pimiento bell		X	X	
Poroto chaucha		X		X
Poroto lima		X		
Puerro		X	X	
Rambután	X	X		
Repollito Bruselas		X		
Repollo		X		X
Repollo chino		X		
Sandia		X		
Sapote	X	X		
Tomate	X	X		
Tomate physalis		X		
Tuna		X		
Uva			X	X
Zanahoria		X	X	X

Fuente: (38)

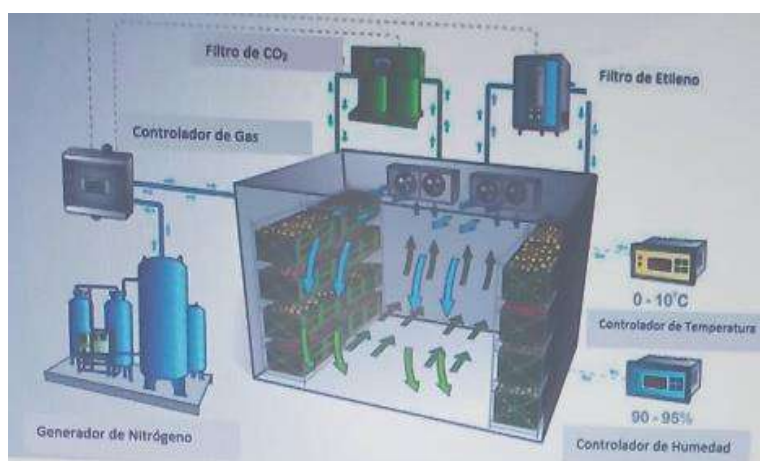
➤ **Humedad relativa**

Las frutas y hortalizas están constituidas principalmente por agua y el mantenimiento de la humedad relativa adecuada durante el almacenamiento es uno de los aspectos claves para mantener la calidad durante la poscosecha. La pérdida de agua o deshidratación no significa la disminución del peso fresco, lo cual también afecta la apariencia, textura, peso fresco del producto y en otros casos el sabor (112).

4.3.1 Cuartos de almacenamiento en atmósferas controladas.

La modificación de la atmósfera de almacenamiento produce unos pequeños cambios bioquímicos y fisiológicos que son muy relacionados con la senescencia, que se centrara en los diferentes aspectos como es el ritmo respiratorio, la elaboración de etileno, las modificaciones en la composición y el ablandamiento del producto. Otros efectos como la reducción de la sensibilidad del producto al etileno y en ciertos casos al daño por frío. En el interior de la cámara también se debe controlar las condiciones físicas del ambiente como la temperatura, humedad y circulación de aire (ilustración 4. 134). En la actualidad, las atmósferas controladas permiten la conservación de grandes cantidades durante el almacenamiento y transporte (107).

Ilustración 4. 133. Esquema de una cámara de atmósferas controladas.



Técnicas de conservación en atmósfera modificada, incluido el envasado de productos alimenticios. En sustancias que actúan como barrera a la difusión de gases, dado que el ambiente gaseoso ha sido modificado para reducir la frecuencia respiratoria, reducir crecimiento microbiano y retraso del deterioro de enzimas, alarga su vida útil.

El Productor dependiendo de los requisitos de los alimentos envasados, se requerirá un ambiente con alto contenido de dióxido de carbono y bajo contenido de oxígeno, reducir el proceso de respiración en los productos y mantener sus propiedades físicas y químicas, mayor sensorial y microbiológico (107).

Al momento de eliminar el oxígeno atmosférico, la respiración se acorta siempre y cuando el punto de almacenamiento de las frutas esté en un tiempo ilimitado. Los diferentes estudios han indicado que, en una atmósfera que no presente niveles de oxígeno, las frutas sufren graves daños fisiológicos e inician un proceso químico llamado fermentación. Para la mayoría de las frutas deben poseer como mínimo una cantidad de oxígeno que va del 1 al 3%.

Almacenamiento en atmósfera controlada (AC) es el método de conservación en una atmósfera con reducido contenido de oxígeno o elevado porcentaje de CO₂.

La composición de la atmósfera creada mantiene constante a lo largo del tiempo. En los cual los cambios que se producen internamente (reacciones metabólicas) de ciertos productos perecederos consumen algunos gases (O₂) y generan otros gases como en dióxido de carbono o etileno que alterara la composición inicial. En los envases de pequeñas dimensiones, destinados a la venta al detalle, no es posible implementar estos sistemas (113).

¿Por qué almacenar frutas y hortalizas en atmósferas controladas?

el almacenamiento de las frutas y hortalizas nos son organismos vivos, lo cual una vez cosechadas siguen realizando distintos procesos biológicos como la respiración, transpiración y la producción de etileno (hormona de maduración en frutas y hortalizas), con la utilización de atmosferas controladas se logra controlar estos procesos metabólicos en donde se retarda el proceso de maduración y senescencia de los frutos conservando la calidad, su nutrición y estado óptimo de maduración hasta el consumo (113).

Gases utilizados en las atmósferas controladas

Para poder modificar a la atmósfera normal a una atmosfera controlada se necesita de tres tipos de gases, los cuales son: oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno, los cuales nos ayudaran para conseguir la concentración indicada.

- **Oxígeno:** Una disminución en la cantidad de oxígeno en la atmósfera produce una reducción de la intensidad respiratoria y menor biosíntesis de etileno en las frutas y hortalizas.
- **Nitrógeno:** Es empleado para lograr mover el oxígeno, por lo que ayudara a disminuir el desarrollo de ciertos microorganismos aeróbicos que se encargan de la

descomposición, y de la misma manera nos ayudara para proteger contra la oxidación de los alimentos perecederos. Además, se usa para balancear la atmósfera y lograr la concentración deseada en el interior de la cámara.

➤ **Bióxido de carbono:** El aumento en el nivel de CO₂ disminuye la intensidad respiratoria e inhibe de la acción del etileno, esto reduce la actividad metabólica de los tejidos vegetales.

4.3.2 Cálculos en el diseño de cuartos fríos

¿Qué es cálculo de cuarto frío?

Un proceso destinado a calcular el espacio necesario para almacenar una determinada cantidad de carga térmica, así lograr dimensionar el área del cuarto frío. Se centra en entender cantidad de potencia en la unidad refrigeradora, que debe ser montada para poder quitar el calor y lograr una temperatura óptima.

¿Por qué realizar el cálculo de cuartos fríos?

Permite conocer un correcto cálculo del Volumen y Potencia del cuarto, destinado a almacenamiento de carga térmica, permiten alcanzar las condiciones de temperatura y humedad que garantizan la vida útil del producto.

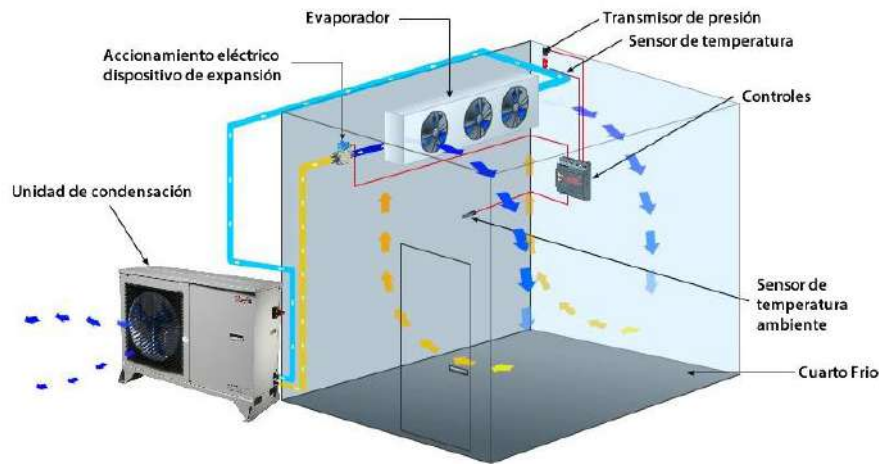
- Se debe tener en cuenta un tiempo óptimo para conseguir el enfriamiento, ya que es una variable indispensable para conservar las características originales de la carga.
- El Cálculo de espacio refrigerado se debe tener en cuenta la cantidad de densidad que posee el empaquetamiento, humedad y otros.
- Los cuartos fríos no deben nunca desarrollarse solo tomando en cuenta el volumen que tendrá el local refrigerado (114).

Equipos que son necesarios para un sistema de refrigeración de cuarto frío.

- Rack de compresores o compresor es conocido como un (sistema uno a uno)
- Condensador
- Evaporadores
- Válvula de expansión
- Sensores
- Conexión de tuberías entre unidad interior y exterior

- Panel de control
- Estructura del cuarto (pisos, paneles, puertas y cortinas) (115).

Ilustración 4. 134. Partes de un cuarto Frío.



Fuente: (37)

Diseño estructural de la cámara

- **Paredes:** Los paneles están constituidos por dos láminas de acero, con núcleo aislante de poliestireno de alta densidad (116).
- **Suelo:** El suelo de la cámara también debe ir aislado térmicamente para evitar la transferencia de calor
- **Puerta:** se construye de una sola hoja del tipo corredera y presenta características de aislamiento térmica idéntica al resto de las paredes, con sus respectivos perfiles de anclaje y sellos que permiten una mínima circulación de aire.
- **Iluminación:** La tecnología de los tubos fluorescentes ha sido ampliamente superada por la iluminación LED, debido a una serie de ventajas que esta presenta, entre las cuales los fabricantes entregan las principales.
- **Cortinas frigoríficas:** Disminuyen la circulación de aire durante la apertura de la puerta, así también evita el ingreso de insectos o partículas en suspensión. Se utiliza el presente diseño, cortinas de lamas fabricadas de PVC (116).

Necesidades frigoríficas de la cámara

Los Cálculos de Cuartos Fríos resultan indispensable para un correcto diseño de estas instalaciones. Donde es el proceso destinado a calcular el espacio necesario para almacenar una determinada cantidad de carga térmica, así lograr dimensionar el área de cuarto frío.

- Por ello, un correcto cálculo del Volumen y Potencia del cuarto, destinado a almacenamiento de carga térmica, permiten alcanzar las condiciones de temperatura y humedad que garantizan la vida útil del producto.
- El Cálculo del Cuarto Frío, se debe tener en cuenta el tiempo recomendado para conseguir el enfriamiento óptimo, ya que es una variable fundamental para conservar las condiciones originales de la carga.
- El Cálculo de espacio refrigerado toma en cuenta la densidad de empaquetamiento, humedad y otros.
- Un Cálculo de unidades para cuartos fríos, no debe nunca desarrollarse solo tomando en cuenta el volumen que tendrá el local refrigerado (116).

Ganancia de calor por producto.

El almacenamiento de un producto a temperatura mayor, por lo cual el producto cederá al espacio y hasta la temperatura se tiene un espacio. Por lo cual se calcula por la ecuación.

Ecuación 11. Cálculo de ganancia de calor por producto.

$$Q_{\text{producto}} = m * Ce (\Delta T)$$

Q: cantidad de calor cedido por producto en BTU

m: Masa del producto en libras

Ce: calor específico del producto arriba o debajo del punto de congelación en btu/lb°F

ΔT: Cambio en la temperatura del producto.

Calor específico y calor latente de productos

Ejemplo: Una tonelada de refrigeración equivale a 12.000 BTU/h. Esto equivale a 3.5 kilovatios de refrigeración. Para enfriar 5500lb de aguacate a 52 °F de una temperatura de pulpa de 78 °F.

$$Q_{\text{producto}} = 5500\text{lb} * 0.4 * (78 - 52) = \frac{57200}{12.000}$$

$$Q_{\text{producto}} = 4766.66 \text{ Tn de refirgeración}$$

Calor específico y calor latente de productos.

- **Calor específico:** Es el nivel de calor que debe de ser eliminados de un peso específico en libras del producto para lograr reducir un grado a su temperatura.
- **Calor Latente:** La cantidad de calor que debe quitado a una cantidad en libras de producto para conseguir una congelación apropiada (117) Tabla 4.14.

Tabla 15. Requerimientos y propiedades de almacenamiento para productos perecederos.

MERCANCÍA	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO			Punto de Congelación más alto °F	Calor Específico o arriba del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Específico abajo del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. De la carga del Producto Lb/pie³
	TEMP. ALMACENAMIENTO °F	HUMEDAD RELATIVA %	VIDA* APROX. DE ALMACENAMIENTO					
Manzanas	30- 40	90	3- 8 meses	29.3	0.87	0.45	121	28
Espárragos	32- 35	95	2- 3 meses	30.9	0.94	0.48	134	25
Aguacates	45- 55	85	2- 4 meses	31.5	0.72	0.40	94	19
Plátanos	55- 65	85- 95	-----	30.6	0.80	0.42	108	----
Habas	-----	-----	-----	30.1	0.73	0.40	10	----
Secas	-----	-----	-----	-----	0.3	0.24	-----	----
Frijol verde (ejote)	40- 45	90- 95	7- 10 días	30.7	0.91	0.47	1.28	14
Lima	32- 40	90	1 semana	31.0	0.73	0.40	94	-----
Cerveza barril	35- 40	-----	3- 8 semanas	28.0	0.92	-----	129	-----
Botellas, latas	35- 40	65 o abajo	3-6 meses	28.0	0.92	-----	129	-----
Remolacha, residuos	32	95- 100	4- 6 meses	30.1	0.90	0.46	126	23
Zarzamora	31- 32	95	3 días	30.5	0.88	0.46	122	19
Pan	-----	-----	1- 3 mese	16 a 20	0.70	0.34	46- 53	-----
Masa	35- 40	85- 90	3- 72 horas	-----	0.75	-----	-----	-----
Brócoli brotado	32	95	10- 14 días	29.0	0.92	0.47	130	13
Coles brotado	32	95	3- 5 semanas	30.5	0.88	0.46	122	-----
Col (Col mariposa)	32	95- 100	3- 4 mese	30.4	0.94	0.47	132	17
Zanahoria madura	32	98- 100	5- 9 meses	29.5	0.90	0.46	126	22
Coliflor	32	95	2- 4 semanas	29.0	0.93	0.47	132	16

Apio	32	95	1- 2 meses	31.1	0.95	0.48	135	30
Cereza agria	31- 32	90- 95	3- 7 días	29.0	0.87	-----	120	18
Dulce	30- 31	90- 95	2- 3 semanas	28.8	0.84	-----	-----	-----
Chocolate	50- 65	40- 50	2- 3 meses	95- 85	0.30	0.55	40	-----
Cocoa	32- 40	50- 70	1 año, más	----	-----	-----	-----	-----
Coco	32 -35	80- 85	1- 2 meses	30.4	0.58	0.34	67	----
Café verde	35- 37	80- 85	2- 4 meses	----	0.30	0.24	14- 21	-----
Maíz dulce (fresco)	32	95	4- 8 días	30.9	0.79	0.42	106	16
Flotes	---	-----	-----	28.9	0.79	0.42	106	-----
Pepino	50- 55	90- 95	10- 14 días	31.1	0.97	0.49	137	20
Pasas, grosella	31- 32	91- 95	10- 14 días	30.2	.088	0.45	120	-----
Productos Lácteos								
Queso Chedar	40	65- 70	6 meses	8.0	0.50	0.31	53	40
Queso Procesado	40	65- 70	12 meses	19.0	0.50	0.31	56	40
Mantequilla	40	75- 85	1 mes	4 a 31	0.50	0.25	23	----
Crema	35- 40	-----	2- 3 semanas	31.0	0.66- 0.80	0.36- 0.42	79- 107	-----
Helado	-20 a -15	-----	3- 12 meses	21.0	0.66- 0.70	0.37- 0.39	86	25
Leche entera líquida								
Pasteurizada grado A	32- 34	-----	2- 4 meses	31.0	0.3	0.46	125	-----
Condensada, endulzada	40	-----	15 meses	5.0	0.42	0.28	40	-----
Evaporada	40	-----	24 meses	29.5	0.79	0.42	106	-----
Dátil seco	0 o 32	75 o menos	6 -12 meses	3.7	0.36	0.26	29	24
Zarzamora	31- 32	90- 95	3 días	27.0	0.88	----	-----	-----
Frutas secas	32	50- 60	9 -12 meses	-----	0.31- 0.41	0.26	20- 37	45
Berenjena	45- 50	90- 95	7- 10 días	30.6	0.94	0.48	132	-----
Huevo	29- 31	80- 95	5- 6 meses	28.0	0.73	0.40	96	19
Refrigerado en cultivo	50- 55	70- 75	2- 3 semanas	28.0	0.73	0.40	96	9
Congelado entero	0 ó abajo	-----	un año, más	28.0	0.73	0.42	106	41

Higo seco								
	32 -40	50- 60	9- 12 meses	----	0.39	0.27	34	45
Fresco								
	31- 32	85- 90	7- 10 días	27.6	0.82	0.43	112	21
Pescado fresco					0.70- 0.86			
	30- 35	90- 95	5- 15 días	28.0		0.38- 0.45	89- 122	-----
Pescado congelado								
	-20 a -4	90- 95	6- 12 meses	28	0.76	0.41	101	-----
En hielo								
	-----	-----	-----	----	0.76	0.41	101	----
Abadejo, bacalao								
	30- 35	90- 95	15 días	28	0.82	0.43	112	35
Salmon								
	30- 35	90- 95	15 días	28	0.71	0.39	92	33
Ahumado								
	40- 50	50- 60	6- 8 meses	----	0.70	0.39	92	-----
Camarón								
	31- 34	95- 100	12- 14 días	28	0.86	0.45	119	-----
Canrejos, langostas, mariscos frescos					0.83- 0.90		113- 125	-----
	30- 33	86- 95	3- 7 días	28.0		0.44- 0.46		
Atún								
	30- 35	90- 95	15 días	28	0.76	0.41	100	35
Forro de piel y tejidos								
	34- 40	45- 55	varios años	-----	-----	-----	-----	-----
Ajo seco								
	32	65- 70	6 -7 meses	30.5	69	0.40	89	-----
Grosella espinoza								
	31- 32	90- 95	2- 4 semanas	30.0	0.90	0.46	126	19
Toronja								
	50- 60	85- 90	4- 6 semanas	30.0	0.91	0.46	126	30
Uva tipo americana								
	31- 32	85- 90	2- 8 meses	29.7	0.86	0.44	116	29
Tipo europea								
	30- 31	90- 95	3- 6 meses	28.1	0.86	0.44	116	29
Verdes Frondosas								
	32	95	10- 14 días	30.0	0.91	0.48	136	32
Guayaba								
	45- 50	90	2- 3 semanas	----	0.86	-----	-----	-----
Miel								
	38- 50	50- 60	un año, más	----	0.35	0.26	26	-----
Rábano								
	30- 32	95- 100	10- 12 meses	28.7	0.78	0.42	104	-----
Col rizada								
	32	95	3- 4 meses	31.1	0.89	0.46	124	-----
Colinabo								
	32	95	2- 4 semanas	30.2	0.92	0.47	128	-----
Puerro verde								
	32	95	1- 3 meses	30.7	0.88	0.46	126	-----
Limones	32 ó 50- 58	85- 90	1- 6 meses	29.4	0.91	0.46	127	33
Lechuga								
	32- 34	95- 100	2- 3 semanas	31.7	0.96	0.48	136	25
Limas								
	46- 50	85- 90	6- 8 semanas	29.1	0.89	0.46	122	32

Jarabe de Maple								
	75- 80	60- 65	1 año, más	----	0.24	0.21	7	----
Mangos								
	55	85- 90	2- 3 meses	30.3	0.85	0.44	117	---
Carne								
Tocino curado estilo granja					0.30-			
	60- 65	85	4- 6 meses	----	0.43	0.24- 0.29	18- 41	51
Carne de res					0.70 -			
	32- 34	82- 92	1- 6 meses	28- 29	0.84	0.38- 0.43	89- 110	----
Jamones de pierna y espadilla					0.58-			
	32- 34	85- 90	7 -12 días	28- 29	0.63	0.34- 0.36	67- 77	37
Curado					0.52-			
	60- 65	50- 60	0- 3 años	----	0.56	0.32- 0.33	57- 64	----
Cordero Fresco					0.68-			
	32- 34	85- 90	5- 12 días	28- 29	0.76	0.38- 0.51	86- 100	----
Hígado congelado								
	-10 -0	90- 95	3- 4 meses	----	----	0.41	100	----
Cerdo fresco					0.46-			
	32- 34	85- 90	3- 7 días	28- 29	0.55	0.30- 0.33	46- 63	----
Embutido ahumado								
	40- 45	85- 90	6 meses	----	0.68	0.38	86	----
Fresco								
	32	85- 90	1- 2 semanas	26.0	0.89	0.56	93	----
Chuleta de ternera Fresca					0.71-			
	32- 34	90- 95	5- 10 días	28- 29	0.76	0.39- 0.41	92- 100	----
Melón cantalupo								
	36- 40	90- 95	5- 15 días	29.9	0.93	0.48	132	25
Melón dulce								
	45- 50	90 -95	3- 4 semanas	30.3	0.94	0.48	132	24
Sandía								
	40- 50	80- 90	2- 3 semanas	31.3	0.97	0.48	132	27
Hongos, champiñón								
	32	90	3- 4 días	30.4	0.93	0.47	130	----
Leche								
	34 -40	----	7 días	31	0.93	0.49	124	64
Nectarinas								
	31 -32	90	2- 4 semanas	30,4	0.90	0,49	119	---
Nueces secas					0.22-			
	32- 50	65 -75	8 -12 semanas	----	0.25	0.21- 0.22	4- 8	25
Margarina								
	35	60- 70	1 año, más	----	0.38	.25	22	
Aceituna fresca								
	45- 50	85- 90	4- 6 semanas	29.4	0.80	0.42	108	----
Cebolla, cebolla estibada								
	32	65- 70	1- 8 meses	30.6	0.90	0.46	124	----
Verde								
	32	95	3- 4 semanas	30.4	0.91	----	----	22
Naranjas								
	32- 48	85- 90	3- 12 semanas	30.6	0.90	0.46	724	34
Jugo de naranja								
	30- 35	----	3- 6 semanas	----	0.91	0.47	128	----
Papayas								
	45	85- 90	1- 3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	----

Perejil								
	32	95	1 -2 meses	30.0	0.88	0.45	122	----
Durazno y nectarines			2- 4					
	31- 32	90	semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras								
	29- 31	90- 95	2 -7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce			2- 3					
	45- 50	91- 95	semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco								
	32 -50	60- 70	6 meses	----	0.30	0.24	17	----
Piñas maduras			2- 4					
	45	85 -90	semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Ciruelas, incluyendo ciruela								
pasa			2- 4					
	31- 32	90- 95	semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada			2- 4					
	32	90	semanas	26.6	0.87	0.48	112	----
Semilla vegetal			10- 12					
	32- 50	50- 65	meses	----	0.29	0.23	16	-----
Maíz palomero								
	32- 40	85	4- 6 meses	-----	0.31	0.24	19	-----
Papas cosecha reciente								
	50 -55	90	0 -2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior								
	38- 50	90	5- 8 meses	30.9	0.82	0.43	111	-----
Aves pollo fresco								
	32	85- 90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas								
	-10- 0	90- 95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	-----
Ganso fresco								
	32	85- 90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	-----
Pavo fresco								
	32	85- 90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Calabaza								
	50- 55	70 -75	2- 3 meses	30.5	0.92	0.47	130	-----
Membrillo								
	31- 32	90	2- 3 meses	28.4	0.88	0.45	122	-----
Rábano preenvasado			3- 4					
	32	95	semanas	30.7	0.95	0.48	134	-----
Pasas secas								
	40	60- 70	9- 12 meses	----	0.47	0.32	43	45
Conejo fresco								
	32- 34	90 -95	1- 5 días	----	0.74	0.40	98	22
Frambuesa negra								
	31- 32	90 -95	2- 3 días	30.0	0.84	0.44	122	-----
Frambuesa roja								
	31- 32	90 -95	2- 3 días	30.9	0.87	0.45	121	-----
Colinabo, nabo sueco								
	32	98 -100	4 -6 meses	30.1	0.91	0.47	127	-----
salsifí								
	32	98- 100	2- 4 meses	30.0	0.83	0.44	113	-----
Espinacas								
	32	95	10- 14 días	31.5	0.94	0.48	132	31
Calabaza de verano								
	32- 50	85- 95	5- 14 días	31.1	0.95	0.48	135	----

Calabaza de invierno	50- 55	70- 75	4- 6 meses	30.3	0.91	0.48	127	----
Fresas frescas	31- 32	90 -95	5- 7 días	30.6	0.92	0.42	129	40
Azúcar, Maple	75- 80	60 -65	1 año, más	----	0.24	0.21	7	-----
Papás dulces	55- 60	85 -90	4- 7 meses	29.7	0.75	0.40	97	25
almíbar, Maple	31	60 -70	1 año, más	-----	0.48	0.31	51	----
Mandarinas	32- 38	85- 90	2- 4 semanas	30.1	0.90	0.46	125	-----
Tabaco, Cigarrillos	35- 46	50- 55	6 meses	25.0	-----	-----	---	-----
Cigarros	35- 50	60 -65	2 meses	25.0	-----	-----	----	-----
Tomates, verdes maduros	55- 70	85- 90	1- 3 semanas	31.0	0.95	0.48	134	25
Tomates, firme maduro	45- 50	85- 90	4- 7 días	31.1	0.94	0.48	134	21
Nabos raíces	32	95	4- 5 meses	30.1	0.93	0.47	130	-----
Verduras mixtas	32 -40	90- 95	1- 4 semanas	30.0	0.90	0.45	130	25
Camotes	60	85- 90	3- 6 meses	28.5	0.79	0.40	105	-----
Levadura comprimida de panadería	31- 32	-----	-----	----	0.77	0.41	102	----

Fuente: (111)

La mayoría de los productos tienen un punto de congelación en el rango de 26 °F a 31°F, y si la temperatura exacta es desconocida, esta puede considerarse de 28 °F.

Factor de rapidez de enfriamiento.

Durante las primeras horas del enfriamiento, el nivel de carga que tiene el quipo en BTU por hora es considerablemente superior que la carga promedio por hora del producto calculado. Para remediar el desnivel de repartición de la carga de enfriamiento, se ingresa en ocasiones un factor de rápido de enfriamiento (116).

Ecuación 12. Cálculo de factor de rapidez de enfriamiento.

$$Q_{\text{producto}} = M * C_e * (\Delta T) / FRE$$

Ejemplo: para realizar un enfriamiento de cerezas de 500kg a una temperatura de 60°F y 35°F.

$$Q_{\text{producto}} = 500 * 0.87 * \frac{60 - 35}{12} = 906.25 \text{ kW}$$

Congelamiento del producto

Ecuación 13. Cálculo de congelamiento del producto.

$$Q_{\text{hielo}} = m * C_e * (\Delta T)$$

Ejemplo: el movimiento de hielo se estima un 45% de la masa total de este.

Considerando la (tabla 9) 1800 kg/día (día =18h)

$$Q_{\text{hielo}} = 1800 * 2.094 * (-2 - (-20)) = 1.047 \text{ kW}$$

Tabla 16. Calor retirado del hielo.

PRODUCTO	CALOR ESPECIFICO Cp. (kcal/kg°C)	CALOR ESPECIFICO Cp (KJ/kg°C)	MASA m (kg/d)	(Tc-Tf)	CANTIDAD DE SACOS (25 kg c/u)	TOTAL, Qrech (KW)
Hielo	0,5	2,094	1800	(-2-(-20))	160	1,047

Fuente: (116)

Esto ocurre cuando un producto perecedero necesita ser congelado y almacenado a una temperatura sumamente menor que la de su temperatura inicial de congelación.

El calor cedido por el producto para enfriarse desde su temperatura de congelación hasta la temperatura final de almacenaje.

- Si T final > T congelación, entonces se necesita calcular Q1.
- Si se desea congelar a la T congelación, entonces se necesita calcular Q1 y Q2.
- Si T final < T congelación, entonces se necesita calcular Q1, Q2 y Q3 (116).

Ejemplo 1: El peso estimado a calcular considerando que introduce diariamente a la cámara con una carga diaria es de 35000 Lb mangos. Esta cámara se encuentra ubicada a una

temperatura de 28°C Donde su temperatura inicial es de 20°C con la que introduce a la cámara y su temperatura final de 1°C.

$$^{\circ}F = 28^{\circ}C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 82.4^{\circ}F$$

$$^{\circ}F = 20^{\circ}C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 68^{\circ}F$$

$$^{\circ}F = 1^{\circ}C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 33.8^{\circ}F$$

$$Q = m * Ce * \Delta T$$

$$Q2 = 15000Lb * \frac{0.85BTU}{Lb^{\circ}F} * (68 - 33.8^{\circ}F) = 436050 \frac{BTU}{Lb}$$

$$Q2 = \frac{436050}{12.000} = 36.33 Tn$$

Ejemplo 2: El peso del producto calcular considerando que introduce diariamente a la cámara con una carga diaria de 15000Lb aceituna. Esta cámara se encuentra ubicada a una temperatura de 25°C. Donde su temperatura inicial es de 22°C con la que introduce a la cámara y su temperatura final de 28°F.

$$^{\circ}F = 25^{\circ}C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 77^{\circ}F$$

$$^{\circ}F = 22^{\circ}C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 71.6^{\circ}F$$

$$^{\circ}F = 28^{\circ}F$$

$$Q = m * Ce * \Delta T$$

$$Q2 = 15000Lb * \frac{0.42BTU}{Lb^{\circ}F} * (77 - 28^{\circ}F) = 308700 \frac{BTU}{Lb}$$

$$Q2 = \frac{308700}{12.000} = 25.73 Tn$$

$$Q2 = 15000Lb * \frac{0.42BTU}{Lb\ ^\circ F} * (71.6 - 28^\circ F) = 274680 \frac{BTU}{Lb}$$

$$Q2 = \frac{274680}{12.000} = \mathbf{22.89\ Tn}$$

Ejemplo 3: El peso del producto calcular considerando que introduce diariamente a la cámara con una carga diaria de 8000Lb naranjas. Esta cámara se encuentra ubicada a una temperatura de 29°C. Donde su temperatura inicial es de 18°C con la que introduce a la cámara y su temperatura final de -15°F.

$$^\circ F = 29^\circ C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 84.2^\circ F$$

$$^\circ F = 18^\circ C * \left(\frac{9}{5}\right) + 32 = 64.4^\circ F$$

$$^\circ F = -15^\circ F$$

$$Q = m * Ce * \Delta T$$

$$Q2 = 8000Lb * \frac{0.46BTU}{Lb\ ^\circ F} * (64.4 - 15^\circ F) = 181792 \frac{BTU}{Lb}$$

$$Q2 = \frac{181782}{12000} = \mathbf{15.15\ Tn}$$

$$Q2 = 8000Lb * \frac{724BTU}{Lb\ ^\circ F} * (15 - 29.6^\circ F) = -845632000 \frac{BTU}{Lb}$$

$$Q2 = \frac{-845632000}{12.000} = \mathbf{-7046.93\ Tn}$$

$$Q3 = 8000Lb * \frac{0.46BTU}{Lb\ ^\circ F} * (29.6 - (-15^\circ F)) = 164128 \frac{BTU}{Lb}$$

$$Q3 = \frac{164128}{12.000} = \mathbf{13.68\ Tn}$$

Calor por concepto de embalaje (cartón y polietileno)

Ecuación 14. Calor por concepto de embalaje.

$$Q_e = m * C_e * (\Delta T)$$

C_e= calor específico de material de embalaje en KJ/Kg K

m= masa de embalaje en kg

ΔT= temperatura de entrada y final de embalaje en °C

Ejemplo: Cada caja de cartón tiene una masa de 0.8 kg y 4000 bolsas de polietileno tiene una masa de 40kg.

$$Q_e = 40 * 2.1 * (-1 - (-20)) = 0.1102 \text{ KW}$$

Tabla 17. Calor retirado de embalaje.

PRODUCTO	CALOR ESPECÍFICO Cp	MASA	(Te – Tf)	TOTAL QRECH
	(KJ/(Kg°C))	(Kg/d)		(kW)
Bolsa de polietileno (hielo)	1,2	18	(10-(-20))	0,01
Bolsa de Polietileno (fruta y hortaliza)	1,2	17,55	(-5-(-20))	0,0048
Cajas de cartón	2,1	154,86	(-1-(-20))	0,0954

Fuente: (40)

Transmisión de calor a través de las paredes

La cantidad de calor que se produce por pérdidas a través de paredes depende de 3 factores.

- Superficie total exterior del recinto
- Aislamiento empleado
- Diferencia de temperaturas entre que hay en la temperatura exterior y la temperatura que desea obtener en el interior.

Ecuación 15. Cálculo de transmisión de calor por pared.

$$Q_t = K * A * \Delta T$$

Qt= tasa de calor en W

K= coeficiente global de transmisión de calor en W/m² ° C

A= superficie en m²

ΔT= diferencia térmica en la cámara en °C

Ejemplo: Se aplica un factor de corrección según la orientación de la cámara, considerando valores para el hemisferio sur.

$$Q_t = 0.13 * 280 * 41.6 = \frac{1564.32}{1000} = 1.56KW$$

Tabla 18. Dimensiones de las paredes.

Pared lateral NOROESTE	Largo 9m * Alta 4m	36 m ²
Pared lateral SURESTE	Largo 9m * Alto 4m	36 m ²
Pared posterior NORESTE	Largo 8m * Alto 4m	32 m ²
Pared principal SUROESTE	Largo 8m * Alto 4m	32 m ²

Fuente: (40)

Tabla 19. Calor que ingresa a través de las paredes.

Pared	K(W/(m ² °C))	A (m ²)	ΔT (°C)	Qt(W)
Lateral izquierda	0,13	36	(0,8*27-(-20))=41,6	194,68
Lateral Derecha	0,13	36	(0,4*27-(-20))= 30,8	144,14
Posterior	0,13	32	(0,7*27-(-20))=38,9	161,82
Principal	0,13	32	(0,4*27-(-20))=30,8	128,12
Cielo	0,13	72	((12+27)-(-20))=59	552,24
Suelo	0,13	72	(21-(-20))=41	383,76

Fuente: (40)

Ejemplo: Las fábricas de paneles aislantes recomiendan ciertos espesores dependiendo de la condición de trabajo. Considerando las necesidades del techo es de 72m². El espesor es de 150 mm.

Ecuación 16. Cálculo del espesor.

$$e = k' * \frac{\Delta T}{q}$$

E= espesor

K'=conductividad térmica de cada capa de aislante (W/(m°C))

Q= flujo de calor (W/m²)

$$q = 0.13 * 59 = 7.67 \text{ W/m}^2$$

$$e = \frac{0.002W}{mK} * \frac{59^{\circ}C}{\frac{7.67W}{m^2}} = 0.153 \text{ m}$$

Tabla 20. Consumo de energía en función del espesor y material.

ESPESOR EN MM	CORCHO	FIBRA DE VIDRIO	POLIESTIRENO	POLIURETANO	LANA MINERAL
	Watios/hora.m².°C				
50	0,928	0,182	0,696	0,464	0,905
75	0,626	0,568	0,464	0,313	0,603
100	0,464	0,429	0,348	0,232	0,452
125	0,371	0,336	0,278	0,186	0,359
150	0,313	0,220	0,174	0,116	0,220

Fuente: (95)

Calor liberado por los motores (aire forzado)

Ecuación 17. Cálculo de calor liberado por motores.

$$Q_m = 0.2 * \epsilon_p * \frac{t}{24}$$

p= potencia de cada motor

t= tiempo de funcionamiento del motor en horas

0.2= factor de conversión de la energía eléctrica en calorífica

Ejemplo: Se estima una potencia de 95W, considerando 6 ventiladores con tiempo de funcionamiento del motor en 18 h.

$$95W * 6 = 570W$$

$$Q_m = 0.2 * 570 * \frac{18}{24} = 85.5W$$

Calor liberado por iluminación interior

Ecuación 18. Cálculo del calor liberado por iluminación.

$$Q_i = p * \frac{t}{24}$$

p= potencia total de todas las lámparas en vatios

t= tiempo de funcionamiento en (h/días)

Ejemplo: Se estima utilizar 10 ampolletas led las cuales serán utilizadas, por ello cada ampolleta cuenta con 48 led de 1,2 W es decir 57,6W por cada una. Lo que se da un valor total de 576W en iluminación.

$$Q_i = 576 * \frac{2}{24} = 48W$$

Calor liberado por las personas

Ecuación 19. Cálculo de calor liberado por personas.

$$Q_p = \frac{q * n * t}{24}$$

q= calor por persona en (W) (según la tabla)

n= número de personas en la cámara

t= tiempo de permanencia en h/días

Ejemplo: 3 personas ingresan al interior de la cámara con una temperatura de – 20°C y su tiempo de permanencia es de 2 horas.

$$Q_p = \frac{390W * 3 personas * 2 horas}{24}$$

$$Q_p = 97.5 \text{ W}$$

Tabla 21. Potencias caloríficas aportadas por las personas.

TEMPERATURA DE LA CÁMARA (°C)	POTENCIA LIBERADA POR PERSONA (W)
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Fuente: (40)

Pérdidas por apertura de la puerta

Ecuación 20. Cálculo de perdida por apertura de puertas.

$$Q_r = V * \Delta h * n$$

Q_r =potencia calorífica aportada por el aire (KJ/día)

V = volumen interior de la cámara (m^3)

Δh = variación de entalpia del aire (KJ/ m^3)

n = número de renovaciones de aire por día

Ejemplo: El volumen interior de la cámara es 288m^3 con un numero de renovación de aire es de 4.8 /día ingresando con el volumen de la cámara y media valores de humedad relativa exterior de 60%, temperatura exterior 27°C y -20°C interior, se obtiene una ganancia de calor de aire de 127 kJ/m^3 .

$$Q_r = 288\text{m}^3 * \frac{127\text{kJ}}{\text{m}^3} * 4.8 \frac{1}{\text{día}} = 2.7\text{kW}$$

Calor de respiración de frutas y vegetales

Las frutas y los vegetales continúan con vida desde su recolección y siguen sufriendo cambios mientras están almacenadas. Estos cambios se producen por el nivel de respiración, el cual es un proceso donde el nivel de oxígeno del aire se acopla con los

carbohidratos en el tejido de la planta, dando como resultado la unión dióxido de carbono y calor (117).

Ecuación 21. Cálculo de respiración de frutas y verduras.

$$Q_{respiracion} = m * \text{Calor de respiracion} * 24h$$

Q=Calor en BTU

M= masa del producto

Calor de respiración en BTU/Lbs H

Ejemplo: Mediante la recolección de la fruta de manzana es de 540 kg.

$$Q_{respiracion} = 540 * 0.55 * 24h = 7128 \text{ BTU}$$

Tabla 22. Calor de respiración.

	BTU/Lb/24 HORAS			
PRODUCTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO °F			
	32	40	60	Otros
FRUTAS				
Manzanas	25- 45	.55- .80	1.5- 3.4	@68' 4.2 -4.6
Albaricoque	.055- 63	.70- .10	2.33- 3.74	
Aguacates	-----	-----	6.6- 15.35	
Plátanos	-----	-----	2.3- 2.75	
Zarzamora	1.70- 2.52	5.91- 5.00	7.71- 15.97	
Cerezas	0.65- 0.90	1.4- 1.45	5.5- 6.6	
Cerezas Agrias	0.63- 1.44	1.4- 1.46	3.0- 5.49	
Higos Comerciales	-----	1.18- 1.45	2.37- 3.52	
Grosella Espinosa	0.74- 0.96	1.33- 1.48	2.37- 3.52	
Toronja	0.20- 0.50	0.35- 0.65	1.1- 2	
Uvas Americanas	0.30	0.60	1.75	
Uvas Europeas	0.15- 0.20	0.35- 0.65	1.10- 1.30	
Limones	0.25- 0.45	0.30- 0.95	1.15- 2.50	
Limas	-----	0.45	1.485	
Melones Cantalupo	0.55- 0.63	0.96- 1.11	3.70- 4.22	
Melón Dulce	-----	0.45- 0.55	1.2- 1.65	
Naranjas	0.20- 0.50	0.65- 0.8	1.85- 2.6	
Durazno	0.45- 0.70	0.70- 1.0	3.65- 4.65	
Peras	0.35- 0.45	2.2	4.40- 6.60	
Ciruelas	0.20- 0.35	0.45- 0.75	1.20- 1.40	

Frambuesas	1.95- 1.90	3.40- 4.25	9.05- 11.15	
Fresas	1.35- 1.90	1.80- 3.40	7.80- 10.15	
Mandarinas	1.63	2.93	-----	
VEGETALES				
Espárragos	2.95- 6.60	5.85- 11.55	11.0- 25.75	
Frijol verde o seco	-----	4.60- 5.7	16.05- 22.05	
Frijoles	1.15- 1.6	2.15- 3.05	11.0- 13.7	
Remolacha	1.35	2.05	3.60	
brócoli	3.75	5.50- 8.80	16.9- 25.0	
Coles Brotando	1.65- 4.15	3.30- 5.50	6.60- 13.75	
Col	0.60	0.85	2.05	
Zanahoria	1.05	1.75	4.05	
Coliflor	1.80- 2.10	2.10- 2.40	4.70- 5.40	
Apio	0.80	1.20	4.10	
Maíz Dulce	3.60- 2.10	5.30- 6.60	19.20	
Pepino	-----	-----	1.65- 3.65	
Ajo	0.33- 1.19	0.63- 1.08	1.18- 3.0	
Rábano	0.89	1.19	3.59	
Colinabo	1.11	1.78	5.37	
Lechuga Bota	1.15	1.35	3.95	
Lechuga Hoja	2.25	3.20	7.20	
Hongos- Champiñones	3.10- 4.80	7.80	-----	@50° 11.0
Aceituna	-----	-----	2.37- 4.26	
Cebolla Seca	0.35- 0.55	0.90	1.20	
Cebolla Verde	1.15- 2.45	3.00- 7.50	7.25- 10.70	
Pimiento Dulce	1.35	2.35	4.25	
Papas Tiernas	-----	1.30	1.45- 3.4	
Papas Maduras	-----	0.65- 0.90	0.75- 1.30	
Papas Dulces	-----	0.85	2.15- 3.15	
Rábano con Corona	1.59- 1.89	2.11- 2.30	7.67- 8.5	
Rábano con Hojas	0.59- 0.63	0.85- 0.89	3.04- 3.59	
Espinaca	2.10- 2.45	3.95- 5.60	18.45- 19.0	
Calabaza Amarilla	1.3- 1.41	1.55- 2.04	8.23- 9.97	
Jitomate Verde Maduro	-----	0.55	3.10	
Jitomates Maduros	0.50	0.65	2.8	
Nabos	0.95	1.10	2.65	
Verduras Mixtas	2.0	4.0	-----	
MISCELÁNEOS				
Caviar en Cajas	-----	-----	1.91	
Queso Americano	-----	-----	2.34	
Camembert	-----	-----	2.46	
Limburger	-----	-----	2.46	
Roquefort	-----	-----	-----	
Suizo	-----	-----	2.33	@45° 2.0
Flores Cortadas	0.24 BTU/24hrs/Pie²Area del Piso			

Fuente: (117)

El momento que el producto es enfriado en un recipiente, los cuales pueden ser como botellas de vidrio o cartón, cajas, canastas, etc. Estos se deben considerar como parte de la carga del producto, el calor que fue cedido por dichos recipientes y materiales de empaque. Por tanto, se debe calcular de la misma forma que para los productos:

Ecuación 22: Cálculo de enfriamiento en un recipiente.

$$Q_{recipiente} = \frac{m * Ce(T_{entrada} - T_{final}) * 24Hr}{(FRE * Tiempo enfriamiento en hrs)}$$

Tabla 23. Calor específico del material de recipiente.

MATERIAL	CALOR ESPECIFICO Ce EN BTU/ Lb F
CARTÓN CORRUGADO	0.38
MADERA ROBLE	0.57
MADERA PINO	0.65

Fuente: (118)

Tiempo de almacenaje del producto

Cuando la carga del producto es calculada con un tiempo de almacenamiento diferente a 24 horas, un factor de corrección:

Ecuación 24: Cálculo de almacenaje del producto.

$$\frac{24 \text{ horas}}{\text{tiempo de almacenaje debe multiplicar a la carga del producto}}$$

Nota: Cuando el producto baja de temperatura se la puede calcular, no se debe realizar una relación con la temperatura final de la fruta u hortaliza, ya que estos presentan factores que no pueden ser controlados (empaques, posición del empaque, método de conservación y almacenamiento, entre otros) (119).

5. EMPACADO

El empaque ayuda a proteger al fruto y hortaliza de cualquier sustancia extraña, este empaque difiere de acuerdo con el tipo y la cantidad que se va a empacar. El proceso de empaque va después de que los productos sean recortados, limpiados, clasificados, separados por los diferentes tamaños y posteriormente empacados en diferentes empaques.

Para las frutas y hortalizas que tienen consistencia más resistente como las manzanas, la zanahoria y la papa, que podemos empacarlo automáticamente, mientras que los que presentan una textura más suave como las ciruelas y duraznos que les podemos empacar a mano, para que no sufra ningún daño en cada una de ellas (120).

5.1 Características de los empaques

5.1.1 Características generales

- Proteger los productos usando los materiales y estructuras adecuadas para cada uno de las frutas y hortalizas de acuerdo con sus necesidades.
- Conservar el producto.
- Que el empaque llame la atención de a los consumidores y se pueda vender el producto.
- Dar información adicional del producto que contiene (120).

Cartones

Existen cartones para cargar distintos productos de la poscosecha, en tamaños distintos, en la cual es rentable para el transporte de estos productos, reduciendo el daño que puede tener las frutas y hortalizas. Estas proporcionan ventilación ya sea en los cambios clima o por la existencia de humedad, manteniendo fresco el producto. Son realizadas de cartón de diferentes tamaños, formas, colores y gráficos que atraigan a los consumidores (120).

Ilustración 5. 135. Empaques de cartón para frutas y hortalizas.



Las cajas estándar son los más comunes para el empaque de frutas y vegetales, en la cual se puede dar formas según requiera el producto, dando protección a la misma (120).

Ilustración 5. 136. Caja estandar para frutas y vegetales.



Existe empaques que ayudad a transportar las frutas y hortalizas, con el objetivo de colocarlos directamente a la venta.

Ilustración 5. 137. Empaques de cartón para transporte y venta.



Empaque de cartón

Las dimensiones que pueden tener los empaques son de 60 cm x 40 cm, con altura variable, dependiendo a las diferentes características que tenga el producto.

Existe empaques rectangulares de diferentes tamaños, tomando en cuentas los destinos que va cada uno de los productos, por ejemplo, si va por transporte marítimo estos deben medir entre 120 cm x 100 cm y los productos que van en transporte aéreo es empaque mide de 80 cm x 120 cm. (120).

Tabla 24. Dimensiones de cajas en tamaños grande y pequeños.

MODELO	TAMAÑO GRANDE	TAMAÑO PEQUEÑO
	120 cm x 100 cm	60 cm x 40 cm
	120 cm x 80 cm	30 cm x 40 cm
	120 cm x 60 cm	20 cm x 40 cm
	80 cm x 60 cm	12 cm x 40 cm

Altura adecuada del cartón para empacar frutas son las siguientes: para el mango de 15 cm a 30 cm, para el tomate de 15 cm a 20 cm, para la mora de 12 cm a 15 cm y para el limón de 25 cm a 30 cm.

Empaque de cartón corrugado

Estos empaques son elaborados con láminas onduladas de uno, dos o tres, con agujeros para la ventilación, circulación del aire y respiración del producto, las dimensiones adecuadas de este empaque es de 60 cm x 40 cm, en lo que varía según las características del producto.

Estos empaques deben tener un material que recubra el interior del cartón y sean resistentes al agua y no altere las características adecuadas del producto y finalmente estos empaques no deben llevar grapas, ni ningún tipo de clavos (120). Las flores también son empaquetadas en cartón corrugado, en la cual en su empaque por lo general van 24 unidades.

Ilustración 5. 138. Empaques de cartón corrugado.



Canastillas plásticas

Dependiendo de la clasificación de los productos según su grado de madurez, estas canastillas brindan protección y garantizan la conservación de los productos, las paredes de estas canastillas deben ser planas, con agujeros para el intercambio de gases, con el objetivo que no se acule el etileno, ni existe gran cantidad de humedad.

Este tipo de empaque pueden ser reutilizables después de haberles lavado, desinfectado y secado, para que no exista ninguna contaminación y que no se traspase sabores, ni olores (63).

Tabla 25. Descripción de la canastilla según su altura.

ALTURA	CARACTERÍSTICA	PRODUCTO
30 cm	Tiene una capacidad de 25 kg su dimensión es de 53 cm de largo y 35 cm de ancho.	Limón, mango y plátano.
25 cm	Capacidad de 20 kg a 25 kg	Granadilla y tomate
15 cm	Capacidad entre 15 kg a 20 kg	Mora y fresa

Existe también canastillas que podemos desarmar, en la cual ahorrar un 75 % de espacio, aquí podemos poner productos que se van a exportar.

Ilustración 5. 139. Empaque de canastilla desarmable.



Barquetas

Las barquetas son reciclables, en la cual se observa el producto, su tamaño pequeño.

Ilustración 5. 140. Empaques de barquetas para frutas y hortalizas.



Para el mercado internacional la fruta de ser siempre colocada minuciosamente en alvéolos de pulpa prensada y perforado en cajas de 3 kg, mientras que el mercado interno las cajas, ya sean de plástico o de cartón, no deben pesar más allá de los 7 kg.

- Los empaques son utilizados para proteger y manipular las frutas y hortalizas.
- Las frutas que son para exportación se empaquen en cajones de cartón con alvéolos de plástico (121).

Empaques en fibras naturales y sintéticas

La costura que une a los sacos debe ser bien resistente y en la boca del saco de estar con doble filo. Los sacos tienen la capacidad de carga de 32 kg a 42 kg.

Ilustración 5. 141. Empaques de fibra natural y sintético para vegetales.



Empaques de cajón de madera

Estos empaques no se desechan en la basura después del uso, aun puede transmitir enfermedades de poscosecha, tienen diferentes tamaños, estos brindan protección, y tienen una medida de 30 cm x 50 cm x 40 cm. (122).

El peso que pueden contener las cajas y cartones puede ser de 5 libras a 35 libras, depende el producto que se vaya a empaclar.

Ilustración 5. 142. Empaques de cajón de madera.



5.2 Materiales de los empaques

Existen diferentes materiales en la elaboración de empaques. Por ejemplo, los sacos están confeccionados con materiales plásticos y fibras naturales, los cuales se emplean para granos, frutos secos, café, entre otros. También existen cartones, cajas que se utilizan como empaques, y son de distintos materiales como de tablas de madera aserrada, planchas de madera artificial, y de cartón corrugado (122).

Cartón corrugado: son reciclables y biodegradable, en la cual protege al producto para no tenga ninguna alteración.

Ilustración 5. 143. Empaque de cartón corrugado.



Plástico: se usa para envasar los alimentos. Tiene distintas modelos y tamaños de acuerdo con el producto. Son resistentes a factores químicos y contiene propiedades de impermeabilidad (122).

Ilustración 5. 144. Empaque de plástico para verduras y frutas.



Cajón de madera

Sirve para poner fruta y vegetales después de su procesamiento de poscosecha.

Ilustración 5. 145. Empaque de cajón de madera.



Material textil: aquí se toma en cuenta los sacos, en las cuales se empaican productos como papas, cebolla, zanahoria, etc. Después de haber sido cosechados, con un peso de 50 kg. (47).

Ilustración 5. 146. Saco de textil para empacar granos y frutos secos.



Canastillas plásticas: Se utiliza este tipo de empaque para llevar productos del campo al mercado, con el fin de que no se maltraten y no sufran ningún daño al momento de ser distribuidos (47).

Ilustración 5. 147. Canastillas de plástico.



5.3 Apariencia y etiquetado

En un mercado competitivo donde constantemente se mueven grandes volúmenes de envases, es importante que los envases atraigan la atención de los compradores que tienen gran número de opciones. Muchas veces, los colores y diseños realizados por un profesional pueden justificar los costes adicionales que conlleva el producto. Algunos mercados han dado una gran inversión en el diseño de logotipos, diseños y gráficos multicolores atractivos al ojo del consumidor, ninguno de los cuales aporta un beneficio material al producto, pero ayuda asegurar grandes cantidades en ventas (123). Aunque algunos compradores no requieran ninguna etiqueta en el envase, usualmente tiene sus ventajas poner un nombre a modo de identificación del producto y marca. Los requerimientos de etiquetado para los mercados son muy completos y frecuentemente obligatorios, ellos incluyen:

- Fecha de envasado
- Nombre y dirección del producto
- País de origen
- Peso neto, cantidad del producto, volumen

etiquetas y sus diseños son reconocidas por el consumidor y si el producto es valorado por ellos, vuelven a comprarlo (123).

5.4 Cálculos de empaque.

5.4.1 Medir la longitud, el ancho y la altura de una sola unidad en pulgadas o metros.

Medir todas las dimensiones del contenedor usando la misma unidad de medida, pulgadas o metros. La palabra "unidad" hace referencia a la cantidad en la que se vende o se empaqueta el artículo. Por ejemplo, una botella, caja o bolsa sola sería una unidad. Sin embargo, si el artículo se llega a vender como un paquete de 3 envases, se tendría que medir los 3 envases juntos como una unidad para obtener las dimensiones y así poder calcular las medidas del empaque (124).

5.4.2 Multiplicar la longitud, el ancho y la altura de la unidad para obtener las medidas de empaque.

Multiplicar estos 3 números en cualquier orden. Introducir los números en una calculadora para obtener el volumen de la caja. Asegurarse de calcular el volumen de la caja en pulgadas o metros, no centímetros. Si se trabaja con metros, entonces el resultado será las medidas de empaque. Si se mide en pulgadas, será necesario dividir entre 1728 para obtener las medidas de empaque (124).

$$\begin{aligned} & largo(10)in * ancho (10)in * altura(10)in \\ & = (10 * 10 * 6)in^3 \\ & = 600in^3 \end{aligned}$$

5.4.3 Dividir el resultado entre 1728 si tus medidas estaban en pulgadas.

El número que tendremos como resultado será las medidas de empaque en pies al cubo, ya que un pie al cubo tiene las dimensiones 12 por 12 por 12 pulgadas, lo cual es igual a 1728. Si las medidas estaban en metros, no es necesaria ninguna división. El resultado será las medidas de empaque en metros al cubo (124).

$$volumen = 600in^3$$

$$\left(\frac{600}{1728}\right)m^3$$

$$= 0.347m^3$$

5.4.3 Diseño de empaques.

Los empaques tienen como principal objetivo proteger productos desde su producción hasta su comercialización, adicional a esto los empaques cumplen con roles sociales, ambientales, de conservación y distribución. Es por eso que para su diseño deben ser creadas en función de seis puntos importantes, los cuales son: prevención del daño mecánico, tamaño y forma, resistencia, ventilación, materiales. Así como también deben ser generados en función de las necesidades de conservación del producto (125).

Prevención del daño mecánico.

Se pueden identificar cuatro causas diferentes de daño mecánico en el producto, entre estos están los cortes, compactación, impactos y raspaduras, algunas de estas son causadas por vibración (125).

Tamaño y forma.

Los envases deben ser fáciles de manejar y de cargar, no demasiado pesados y de dimensiones y formas adecuadas para acoplarse al medio de transporte (125).

Resistencia

Debe probarse la capacidad del envase para soportar la carga en condiciones de humedad, así como también se debe considerar también la necesidad de materiales impermeables, o de introducir modificaciones en los vehículos para transportar los mismos (125).

Ventilación

La ventilación es necesaria con el fin de evitar la acumulación del calor proveniente de la respiración celular del producto contenido, permitiendo una correcta ventilación y facilitando la refrigeración, se obtiene la ventilación adecuada removiendo el 5% del área lateral del recipiente haciendo varios orificios oblongos o redondos por otro lado también se puede dejar un espacio apropiado entre las tablillas con el mismo fin (125).

Materiales

Existen varios materiales que pueden ser empleados para el diseño de empaques como es el plástico, el cartón corrugado, papel, bolsas o redes, maderas comprimidas, etc. Según los requerimientos para la conservación de los productos se debe elegir un material específico.

Cartón corrugado

El cartón corrugado es el material más utilizado para la fabricación de empaques para frutas y hortalizas, normalmente se confeccionan láminas dobles o triples, algunas onduladas y otras con perforaciones para una mejor respiración del producto. Las dimensiones exteriores recomendadas para los empaques de comercialización de frutas y verduras corresponden al módulo de base normalizado en la ISO 3394, en la cual consta que las medidas deben ser de **60 cm x 40 cm y una altura variable** según lo requieran las características físicas del producto (126).

Las cajas de cartón corrugado deben cumplir ciertos requisitos establecidos en la norma NTC 5422, (2006) de empaque y embalaje de frutas, hortalizas y tubérculos frescos, entre estos tenemos que:

- En el interior de la caja se debe recubrir con materiales resistentes al agua para dar mayor resistencia a la temperatura y humedad que el producto necesite.
- Las perforaciones deben ser realizadas de tal manera que la caja no se debilite, es por esto que las perforaciones deberán ser cerca de los rincones y limitarse al 5% o 7% del área lateral (127).

- Para agilizar el proceso de reciclaje, la caja de cartón no debe llevar grapas, ganchos ni clavos.

Ilustración 5. 149. Modelo base

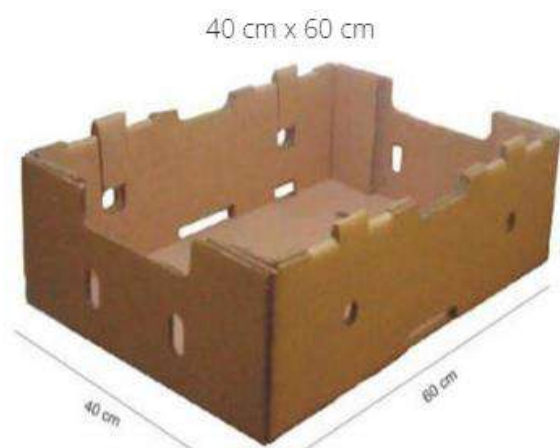


Tabla 26. Múltiplos y submúltiplos a partir del módulo base normalizados de la ISO 3394 para los empaques utilizados en la comercialización de productos hortofrutícola.

MÚLTIPLOS	SUBMÚLTIPLOS
120 x 100 cm	60 x 40 cm 60 x 20 cm 60 x 10 cm
120 x 80 cm	30 x 40 cm 30 x 20 cm 30 x 10 cm
120 x 60 cm	20 x 40 cm 20 x 20 cm 20 x 10 cm
120 x 40 cm	15 x 40 cm 15 x 20 cm 15 x 10 cm
80 x 60 cm	12 x 40 cm 12 x 20 cm 12 x 10 cm

Fuente: (126)

Tabla 27. Alturas recomendadas para evitar daño en los productos en la comercialización de productos hortofrutícolas.

FRUTAS	ALTURA DE EMPAQUE	VERDURAS	ALTURA DE EMPAQUE
Mango	25 – 30 cm	Plátano	25 - 30 cm
Limón	25 – 30 cm	Tomate	15 - 20 cm
Granadilla	15 – 25 cm	Aguacate	15 - 25 cm
Papaya	25 – 30 cm	Zanahoria blanca	25 - 30 cm
Mora	12 – 15 cm	Maracuyá	15 - 25 cm

Fuente: (126)

Ilustración 5. 150. Modelo de cajas para frutas y verduras.



Fuente: (126)

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Herrera A A. Manejo poscosecha. Bogota; 2020.
- (2) Sandoval Aldana A, Forero Longas F, García Lozano J, Londoño Bonilla M. Cosecha, manejo de poscosecha y agroindustria*. [Online]; 2018. Acceso 26 de Junio de 2022. Disponible en: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/162/152/1129-1?inline=1>.
- (3) Matus Miranda MN,&ÑMEDLÁ. Manual de buenas prácticas agrícolas (BPA) Nicaragua: Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA; 2007.
- (4) Cabascango Flores ME. clasificación en poscosecha en la florícola Floreca , editor.: <https://prezi.com/p/o4fnqy3xcy5e/precosecha-cosecha-y-poscosecha-de-frutas-y-hortalizas/>; 2021.
- (5) Albrecht C, Zizich N, Zurlo SG, Scavuzzo M. Researchgate. [Online]; 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Scavuzzo/publication/337496272_Manual_de_frutas_y_hortalizas_propiedades_fisico-quimicas_y_condiciones_de_manipulacion_y_conservacion/links/5ddc04db92851c1fedb1c461/Manual-de-frutas-y-hortalizas-propiedades-fisi.
- (6) Araneda M. edualimentaria. [Online]; 2022. Disponible en: <https://www.edualimentaria.com/frutas-hortalizas-frutos-secos-composicion-propiedades>.
- (7) UNICEN. Frutas y Hortalizas. [Online]; 2018. Disponible en: https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/FrutHort1_Apunte.pdf.
- (8) Yáñez V. Calidad y fisiología de poscosecha de frutas y vegetales. [Online]; 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/346546169_Calidad_y_fisiologia_de_poscosecha_de_frutas_y_vegetales/link/5fc69d59299bf188d4e8cc89/download.
- (9) Blandón S. UNI. [Online]; 2012. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fisiologiaposcocsecha.pdf>.

- (10) Marlene. Maduración de las frutas y su importancia. [Online]; 2019. Disponible en: <https://biologia.laguia2000.com/ecologia/maduracion-de-las-frutas-y-su-importancia>.
- (11) Galván Pedro SNyCH. Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. [Online].; 2006. Disponible en: <https://www.utm.mx/~temas/temas-docs/ensayo1t30.pdf>.
- (12) Martínez-González MEBMRATICCMAPHYA&LGGG. Poscosecha de frutos : maduración y cambios bioquímicos. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2017; p. 4075-4087.
- (13) AGROPRODUCTORES. Etileno en la maduración de frutos. [Online]. Disponible en: <https://agroproductores.com/etileno-en-la-maduracion-de-frutos/>.
- (14) A, H. (14 de 06 de 2022). Mecanicacion combate inflacion. Obtenido de <https://www.cebollas-papas.com/cosecha/mecanizada/papas.php>
- (15) MADURACIÓN TDL. TECNOLOGÍA DE LA MADURACIÓN. [Online].; 2022. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MADURACI%C3%93N%20de%20los%20FRUTOS.pdf>.
- (16) Parra Y. AGRONCMASER. [Online].; 2019. Disponible en: <https://agronomaster.com/respiracion-y-transpiracion-en-los-vegetales/#comments>.
- (17) Ziv C, Fallik E. Postharvest Storage Techniques and Quality Evaluation of Fruits and Vegetables for Reducing Food Loss. Agronomy. 2021; 1133(11).
- (18) Kyriacou M. Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. ScienceDirect. 2018; 234(463-469).
- (19) Dubey A. Post-Harvest Quality. Advnaces in Agriculture Sciences. 2020; IV(12).
- (20) Kiaya V. Post-Harvest handling protocol for fruits and vegetables India: Sfacindia; 2022.
- (21) Agatón L. Clases de calidad. En Libardo , editor. Tecnología de vegetales. Manizales: Universidad de Caldas; 2020. p. 115-117.
- (22) Campbell S, Sims C. Small-to-Medium-Scale Sensory Evaluation of Horticultural Crops—Sensory Attributes. IFAS Extension. 2020; IV(17).

- (23) Schupan W. Valoraciones posibles de calidad. En Schupan W. Calidad nutritiva de alimentos.: FDA; 2021. p. 15-19.
- (24) Salazar P. C, Del Castillo G. S. UCE, Quito, Primera Edición. [Online]; 2018. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13720>.
- (25) López-Roldán P, Fachelli S. Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. Capítulo 4. [Online]; 2017. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccua_cap2-4a2017.pdf.
- (26) Otzen T, Manterola. Scielo, Int. J. Morphol., 35(1):227-232. [Online]; 2017. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037.
- (27) Domene Ruiz A. Estación Experimental Cajamar, Biblioteca Horticultura. [Online]; 2017. Disponible en: https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/control_de_calidad_en_hortalizas._d.
- (28) Ferrer Morocho Y. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. [Online]; 2020. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjJp_KT8rr4AhUvfTABHWECA8QFnoECAMQAAQ&url=https%3A%2F%2Frepository.uta.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F31413%2F1%2FAL%2520751.pdf&usg=AOvVaw2Ageuh6j7DErZTR8aU74W2.
- (29) Calvo. Libro digital- 1a ed. – Río Negro : Ediciones INTA. [Online]; 2018. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_tecnologia_poscosecha_de_fruta_de_pepita.pdf.
- (30) Hidalgo Troya. Revista Sigma, 15 (1). P'ag. 28–44. [Online]; 2019. Disponible en: <http://coes.udenar.edu.co/revistasigma/articulosXV/1.pdf>.
- (31) INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. [Online]; 1751:1996. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1751.pdf>.
- (32) INEN 1909. FRUTAS FRESCAS. TOMATE DE ÁRBOL. REQUISITOS. [Online]; 2015. Acceso 26 de juniode 2022. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1909_2r.pdf.

- (33) Sinesio F. Sensory Traits and Consumer's Perceived Quality of Traditional and modern fresh market. *Foods*. 2021; 10(2521).
- (34) Nan M, Xue H, Bi Y. Contamination, Detection and Control of Mycotoxins in Fruits and Vegetables. *Toxins*. 2022; 14(309).
- (35) A, H. (2015). Cosechadora de papas. Mecanizacion combate inflacion. Obtenido de <https://www.cebollas-papas.com/cosecha/mecanizada/papas.php>
- (36) ADMINDJERSA. (2019). Limpieza y Seleccion. Maquinaria Jersa. Obtenido de <https://jersa.com.mx/limpieza-y-seleccion/>
- (37) Agryexpo. (2015). Obtenido de <https://www.agriexpo.online/es/prod/ortomec-srl/product-169917-4954.html>
- (38) AIMPLAS. (05 de 2019). TIPOS DE EMPAQUE . Recuperado el 03 de 06 de 2022, de AIMPLAS: <https://www.aimplas.es/blog/tipos-de-envases-para-alimentacion/>
- (39) Arévalo, M. F. (2021). SECADO. REDALYC(10).
- (40) BELCA. (2020). Flow-pack BF100H. Belca.ES. Obtenido de <https://www.belca.es/soluciones-de-envase/maquinas-ensado/flow-pack/flow-pack-bf100h/#:~:text=La%20BF%20100%20H%2C%20es,materiales%20de%20sella>
- (41) Belca. (2020). Obtenido de <https://www.belca.es/soluciones-de-envase/maquinas-ensado/flow-pack/flow-pack-bf100h/#:~:text=La%20BF%20100%20H%2C%20es,materiales%20de%20sellado%20por%20calor>.
- (42) CLASIFICADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS . (Junio de 2019). Plataformas de conocimiento para el medio rural y agronomia . Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/clasf-frutas-hort_tcm30-58494.pdf
- (43) CÓDIGO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA LAS FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS (CXC 53-2003). (2017). OMS(16).
- (44) DECCO Naturally Postharvest. (10 de 2018). Tipo de ceras vegetal, animal recinas y recubrimientos. Deccoiberic.es. Obtenido de <https://www.deccoiberica.es/tipos-de-ceras->

para-frutas-cera-vegetal-animal-

resinas/#:~:text=Las%20ceras%20m%C3%A1s%20indicadas%20son,usar%20la

(45) Deccoiberica.es. (2018). Obtenido de [https://www.deccoiberica.es/tipos-de-ceras-](https://www.deccoiberica.es/tipos-de-ceras-para-frutas-cera-vegetal-animal-)

resinas/#:~:text=Las%20ceras%20m%C3%A1s%20indicadas%20son,usar%20las%20de%20polietileno%20oxidado.

(46) Arévalo-Galarza, M. de Lourdes, Cadena-Iñiguez, Jorge, Nieto-Ángel, Daniel, Romero-Velazquez, Siul D., Tlapal-Bolaños, Bertha, HONGOS CAUSANTES DE ENFERMEDADES POSCOSECHA EN CHAYOTE (*Sechium edule* (Jacq.) SW.) Y SU CONTROL IN VITRO. *Agronomía Costarricense* [Internet]. 2015;39(2):19-32. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43642603002>

(47) Accesorios de Catón (corrugado y sólido) [Internet]. Smurfitkappa.com. [citado 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.smurfitkappa.com/do/products-and-services/packaging/fitments-corrugated-a-solidboard>

(48) equipar.es. (2019). Los mejores recolectores de frutas que te ayudaran en la faena agricola. Equipar.es. Obtenido de [https://www.equipar.es/mejor-recogedor-de-frutas-](https://www.equipar.es/mejor-recogedor-de-frutas-barato-opiniones)

(49) equipar.es. (14 de 06 de 2022). equipar.es. Obtenido de Los 3 Mejores Recogedores de Frutas que te Ayudarán en la Faena Agrícola Diaria: <https://www.equipar.es/mejor-recogedor-de-frutas-barato-opiniones/>

(50) FAO. (2019). Capítulo 3. Almacenamiento. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s06.htm>

(51) FAO. (Julio de 2019). Operaciones de una planta empacadora de frutas y hortalizas. FAO(1). Obtenido de <https://blogdefagro.com/2019/07/18/operaciones-de-una-planta-empacadora/>

(52) FRAGO. (Julio de 2019). Operaciones de una planta empacadora de frutas y hortalizas. Frago de mexico (1). Obtenido de <https://blogdefagro.com/2019/07/18/operaciones-de-una-planta-empacadora/>

(53) (Garcia, G., & Vazquez, L. (Agosto de 2015). Guía de prácticas correctas de higiene para vegetales y derivados, frescos, mondados, troceados o envasado. Generalitat de Catalunya, 1(18). Obtenido de http://coli.usal.es/web/Guias/pdf/GPCH_vegetales_iv_gama_Cat.pdf

(54) García, P. D. (13 de 07 de 21). tractoresymaquinas. Obtenido de <https://www.tractoresymaquinas.com/maquinaria-para-la-recoleccion-de-frutales/#:~:text=temor%20a%20da%C3%B1arlas,-,Carretillas%20autopropulsadas,o%20bins%20con%20las%20frutas.&text=Las%20m%C3%A1s%20grandes%20y%20completas,pueden%20cargar%20hasta%20500%20k>

(55) INECO. (2016). BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA ALIMENTOS NO PROCESADOS Y SEMIPROCESADOS. . REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO(18). Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/sica180231anx1.pdf>

(56) interempresas.net. (2014). Obtenido de Grau System: <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Cosechadora-para-cebolla-Grau-System-21644.html>

(57) interempresas.net. (2016). Cosechadora y arancadoras de cebollas. Grau System. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Cosechadora-para-cebolla-Grau-System-21644.html>

(58) LIPA. (06 de 2021). Desinfeccion de frutas y hortalizas frescs para el mercado frescas. lipa.agro. Obtenido de <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2021/06/Ficha-tecnica-desinfeccion-de-frutas-y-hortalizas.pdf>

(59) lipa.agro. (29 de 06 de 2021). DESINFECCIÓN FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS PARA. Obtenido de <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2021/06/Ficha-tecnica-desinfeccion-de-frutas-y-hortalizas.pdf>

(60) Mafe, M. L. (Septiembre de 2021). Cosechadoras de remolacha maquinas integrales. Tractores y maquinas todos sobre maquinaria agrícola. Obtenido de <https://www.tractoresymaquinas.com/cosechadoras-de-remolacha/#:~:text=La%20cosechadora%20de%20remolacha%20es,de%20vege>

(61) Mafé, M. L. (06 de 09 de 2021). Tractores y Máquinas todo sobre maquinaria agrícola. Obtenido de <https://www.tractoresymaquinas.com/cosechadoras-de->

remolacha/#:~:text=La%20cosechadora%20de%20remolacha%20es,de%20vegetaci%C3%B3n%20de%20la%20planta.

(62) Maquinaria Jersa. (2019). Maquinaria Jersa. Obtenido de <https://jersa.com.mx/limpieza-y-seleccion/>

(63) Munters. (2018). Proceso de secado industrial. Munters(4). Obtenido de <https://www.munters.com/es/Areas-de-conocimiento/industrial-drying/>

(64) OIRSA. (2018). Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos. OIRSA(10). Obtenido de <https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>

(65) RODRÍGUEZ, I. M. (2015). PROYECTO RELANZAMIENTO DEL SECTOR PIÑERO. CNC(15). Obtenido de [file:///C:/Users/rousm/Desktop/TALLER%20GRUPAL%20POS-COSECHA/Manual-de-Procedimiento-de-Buenas-Pr%C3%A1cticas-de-Manejo-y-Empaque-de-Frutas-de-Pi%C3%B1as-%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/rousm/Desktop/TALLER%20GRUPAL%20POS-COSECHA/Manual-de-Procedimiento-de-Buenas-Pr%C3%A1cticas-de-Manejo-y-Empaque-de-Frutas-de-Pi%C3%B1as-%20(1).pdf)

(66) Ruiz, J. (Enero de 2018). AVENA. Obtenido de <https://quaker.lat/mx/articulos/que-es-la-avena-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-este-super-grano/>

(67) Sormac. (2021). Lavadora de frutas FW. sormac.eu. Obtenido de <https://www.sormac.eu/es/maquinaria/lavadora-de-frutas/#:~:text=La%20lavadora%20de%20frutas%20FW,de%20paletas%20de%20>

(68) sormac.eu. (2021). Obtenido de <https://www.sormac.eu/es/maquinaria/lavadora-de-frutas/#:~:text=La%20lavadora%20de%20frutas%20FW,de%20paletas%20de%20velocidad%20variable.>

(69) Trioliet. (2015). Cosechadoras de espinaca. Agriexpo. Obtenido de <https://www.agriexpo.online/es/prod/ortomec-srl/product-169917-4954.html>

(70) World Health Organization. (2020). LAVADO Y DESINFECCION DE FRUTAS Y VERDURAS. Ministerio de Salud(10). Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/Orientacion/LAVADO_DESINFECCION_FRUTAS_VERDURAS.pdf

(71) Mondino, Pedro, CONTROL BIOLÓGICO POSCOSECHA. HORTICULTURA INTERNACIONAL, 2017

(72) Plaza, P. &. EFECTIVIDAD DE CONTROL DE ENFERMEDADES MEDIANTE UN SISTEMA DE DUCHA DE BINES. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, 1-6.(2012).

(73) Valderrama, J. K. Fisiología poscosecha en frutos de dos cultivares de feijoa (Acca sellowiana O. Berg Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frío. Agronomía Colombiana, 276-282.(2005).

(74) Visintin, G. &. Manejo de mohos poscosecha de cítricos mediante antagonistas microbianos. Ciencia, Docencia y Tecnología, XXI, 1-29.(2010).

(75) Tripathi P, Dubey N. Explotación de productos naturales como estrategia alternativa para controlar la pudrición fúngica poscosecha de frutas y hortalizas. Poscosecha Citol Technol. 32:235-45. (2004).

(76) Zapata- Soberá, L. ,.-A.-R.-M. Resultados comparados entre tratamientos poscosecha en naranjas cv "Salustiana" y cv "Valencia" (II). Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, , 1-10.(2008).

(77) García Lara, S. &. Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. Agricultura Técnica en México, , 1-10.(2007).

(78) Fogliata, G, Torres L, Ploper L. Detección de cepas de Penicillium digitatum Sacc resistentes a imazalil. en empacadoras de cítricos de la provincia de Tucumán y su comportamiento frente a los fungicidas alternativos actualmente empleados. Rev Ind Agric Tucumán; 77:71-5. (2001).

(79) Martínez, R. G. APLICACIÓN DE ESENCIAS DE CANELA Y CLAVO COMO ALTERNATIVA A LOS FUNGICIDAS DE SÍNTESIS EN EL CONTROL DE LAS PODREDUMBRES DE LIMÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, 51-96 121-136. Obtenido de APLICACIÓN DE ESENCIAS DE CANELA Y CLAVO. (Septiembre de 2013).

(80) Diego Payssé Salgado, J. P. (2016). Poscosecha de Frutos Cítricos. Instituto nacional de investigación agropecuaria , 18-23. (2016).

(81) María Laura Rivero, D. E. Evaluación de alternativas a los fungicidas de síntesis químicas para el control de enfermedades de poscosecha en durazno. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca Argentina, 2-7. (2020).

(82) Palou, L. El control de las enfermedades de poscosecha y las alternativas a los fungicidas químicos convencionales. Laboratori de Patologia, Centre de Tecnologia Postcollita (CTP)-Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), 7-8. (2020).

(83) Extracción *, De M, Frutas L, Hortalizas Y, De Calidad C. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS TEMAS [Internet]. Edu.pe. [citado el 18 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3292/IAcamogp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

(84) Sevillano L, Ballesta MTS, Almela FR, Flores FB. Tecnologías poscosecha para inhibir o retardar la aparición de los daños por frío en la conservación refrigerada de frutas y hortalizas. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal [Internet]. 2008 [citado el 18 de junio de 2022];(201):50–6. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2715145>

(85) Guillén F, Hernández M. -MCP como estrategia de conservación [Internet]. Univsantana.com. [citado el 18 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.univsantana.com/aaa/vegetales/Uso%20MCP%20en%20frutas.pdf>

(86) Edu.mx. [citado el 18 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-19articulosPDF/14-USO%20DE%20AGENTES%20ANTIMICROBIANOS%20%20NATURALES%20EN%20LA%20%20CONSERVACION_Elvia%20Rguez.pdf

(87) De F, Gianina A, Zanabria P. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN [Internet]. Edu.pe. [citado el 18 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3297/IApazaag.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

(88) Edu.ec. [citado el 18 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4967/1/UDLA-EC-TIAG-2016-04.pdf>

(89) Edu.ar. [citado el 18 de junio de 2022]. Disponible en: <http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/BiologiayTecnologiaPoscosecha.pdf>

(90) Heri, Marivel, Brambilla, Maria Virginia, Piris, Estela Beatriz, Barbieri, Martin Osvaldo, Celie, Ramón Enrique, Arpia, Nélide Ester;N, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS A LOS FUNGICIDAS DE SÍNTESIS QUÍMICA PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES DE POSCOSECHA EN DURAZNO. Revista de Fruticultura [Internet]. 2018. 60: 40-45

(91) Soto-Muñoz, L., Teixidó, N., Usall, J., Casals, C., & Torres, R. APOORTE DE LAS HERRAMIENTAS MOLECULARES EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS BASADOS EN MICROORGANISMOS ANTAGONISTAS, PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES POSCOSECHA. Revista Bio Ciencias. [Internet]. 2020. 7, 15.

(92) Mitidieri Mariel Silvina, Brambilla, M. V., Barbieri, M. O., Piris, E. B., Veron, R. A., Celie, R. E., Barbosa, R. F. TRATAMIENTOS PREVENTIVOS CON EXTRACTO DE MELALEUCA ALTERNIFOLIA PARA REDUCIR LA INCIDENCIA DE PODREDUMBRE MORENA EN LA POSCOSECHA DE DURAZNOS. Póster. 2017.

(93) Herrera-González, Juan Antonio, Bautista-Baños, Salazar-Garcia, Guitierrez-Martínez, SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO POSCOSECHA Y DE ENFERMEDADES FUNGOSAS DEL AGUACATE 'Hass' para exportación en Michoacán." Revista mexicana de ciencias agrícolas 11.7 [Internet]. 2020: 1647-1660.

(94) Félix, Rubén, Gálvez, Carlos Alberto, Control del Moho Negro, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr) en el Fruto de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Considerando Unidades Calor y Variables Ambientales para la Aplicación. Revista Mexicana de Fitopatología [Internet]. 2002;20(1):72-76. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61220112>

(95) Aymerich Picado, Karla Watson-Guido, W, Brenes-Madriz, J, Rivera-Méndez, W. BIOPROSPECCIÓN DE MICROORGANISMOS DE LA ZONA NORTE DE CARTAGO CON

POTENCIAL DE BIOCONTROL DE ENFERMEDADES POSCOSECHA EN CEBOLLA (*ALLIUM CEPA*). Revista Tecnología en Marcha. [Internet]. 2022. 32.

(96) Salazar, Galo, Tips En Cosecha Y Poscosecha De Banano. FUMICAR. 2017. Recuperado de: [www.fumicar.com.ec/Tips% 20en% 20cosecha% 20y% 20poscosecha% 20de% 20banan](http://www.fumicar.com.ec/Tips%20en%20cosecha%20y%20poscosecha%20de%20banan).

(97) Berumen Varela, Guillermo, Ochoa Jiménez, Verónica Alhelí, Gutiérrez Martínez, Porfirio, Báez Sañudo, Reginaldo, EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN LA INDUCCIÓN DE RESISTENCIA A *Colletotrichum* sp. EN FRUTOS DE PLÁTANO DURANTE POSCOSECHA. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha [Internet]. 2015;16(1):27-34. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864004>

(98) González Lemes, Ingrid, Paumier Jiménez, Adrián, Mulkay Vitón, Tania, Actividad antifúngica de sales de quitosana in vitro sobre hongos causantes de enfermedades poscosecha en papaya (*Carica papaya*). Fitosanidad [Internet]. 2014;18(1):33-40. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209131412005>

(99) Calí MJ. Análisis sensorial. Entreista. Oregon State University, Estados Unidos: N o r a B a r d a, Técnico INTA; 2018. Report No.: ISSN.

(100) Farm B. Basic Farm. [Online].; 2021 [cited 2022 Junio 18. Available from: <https://basicfarm.com/blog/definicion-tipos-analisis-microbiologicos/>.

(101) Abril, R. (2007). Universidad técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3605/1/P1111.pdf>

(102) Palou, L. Control de enfermedades poscosecha. Researchgate. Net. [Internet]. 2012. 292-293. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Lluis-Palou/publication/263550281_Control_de_enfermedades_de_poscosecha/links/00b7d53b3cb4cd1271000000/Control-de-enfermedades-de-poscosecha.pdf?origin=publication_detail

- (103) Melendez, G & Umaña, G. Centro de Investigaciones Agronómicas. Sistema poscosecha en frutas. CIA. (2005). Recuperado de: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/MEMORIACapacitacionsistemaPoscosechaenFrutas.pdf>
- (104) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cosecha y manejo poscosecha. FAO. [Citado 16 julio 2022]. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/a1374s/a1374s07.pdf>
- (105) Bulhova. Tratamientos físicos para el control no contaminante de enfermedades de poscosecha. [Internet]. 2007. Recuperado de: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/189-mayo-2007/tratamientos-fisicos-para-el-control-no-contaminante-de-enfermedades-de-poscosecha>
- (106) Vásquez J, Jara J. Cálculo de una cámara de frío para conservación de hielos, hortalizas y frutas congeladas. Cámara frío [Internet]. 2018;119. Available from: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/793/1/Vasquez_Benavides_José_Leonardo.pdf
- (107) B P, Mazquiarán L, Rodríguez P, Valero T, Ruiz E, Ávila J, et al. Frutas y hortalizas: Nutrición y Salud en la España del S. XXI. Fund española la Nutr [Internet]. 2018;198. Available from: <https://www.fesnad.org/resources/files/Noticias/frutasYHortalizas.pdf>
- (108) Postharvest N. El papel de las cámaras frigoríficas para frutas. Aspectos para controlar con una cámara frigorífica. Decco para el Control cámaras [Internet]. 2020;1–89. Available from: <https://www.deccoiberica.es/el-papel-de-las-cameras-frigorificas-para-frutas-en-post-recoleccion/>
- (109) Bernard J. CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE FRUTAS Y HORTALIZAS: Parq Empres campollano [Internet]. 2018;1:10–20. Available from: <https://www.josebernad.com/conservacion-frigorifica-de-frutas-hortalizas/>
- (110) Procesos, Industriales PJ. Refrigeración industrial frutas y hortalizas en cámaras frigoríficas. Refrig Ind frutas y hortalizas en cámaras frigoríficas [Internet]. 2021;1–5.

Available from: <https://www.cofrico.com/procesos-industriales/refrigeracion-industrial-frutas-y-hortalizas-en-camaras-frigorificas-2/>

(111) (FAO. Almacenamiento. La Organ las Nac Unidas para la Aliment y la Agric ONUAA [Internet]. 2019;60. Available from: <https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s06.htm>

(112) Confo Mendoza C, Vega Garcia OM, Guevara Aguilar A, Hernández Sigala R. pdf. [Online].; 20158. Disponible en: <https://www.producechihuahua.org/litera/MAN-0001AtmosCebolla.pdf>.

(113) Ospina Meneses SM, Cartagena Valenzuela R. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. LASALLISTA de Investigación. 2020; 5: p. 13.

(114) CONFOREMPRESARIAL. Cálculo de Cuartos Fríos. [Online]; 2019. Disponible en: <https://www.conforempresarial.com/calculo-de-cuartos-frios/>.

(115) EMPRESARIAL. Partes de un Cuarto Frío. [Online].; 2020. Acceso 15 de junio de 2022. Disponible en: <https://www.conforempresarial.com/simulador-de-cuarto-frio/>.

(116) Vásquez Benavides JL, Jara Polanco JN. pdf. [Online].; 2019. Acceso 15 de junio de 2022. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/793/1/Vasquez_Benavides_Jos%C3%A9_A9_Leonardo.pdf.

(117) Documents. manual de-calculo-y-diseno-de-cuarto-frios. [Online].; 2017. Acceso 12 de junio de 2022. Disponible en: <https://fddocuments.ec/document/documentsmx-manual-de-calculo-y-diseno-de-cuarto-frios.html?page=1>.

(118) A, H. (2015). Cosechadora de papas. Mecanizacion combate inflacion. Obtenido de <https://www.cebollas-papas.com/cosecha/mecanizada/papas.php>

(119) Sierra Suarez JE. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS PERECEDEROS. [Online].; 2019. Acceso 17 de junio de 2022. Disponible en:

https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2211/ArteagaValentina_2017_CalculoDimensionamientoCamara.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

(120) Características de empaques y embalajes [Internet]. prezi.com. [citado 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://prezi.com/s8e9yh43ofxl/caracteristicas-deempaques-y-embalajes/>

(121) Empaques y Embalajes [Internet]. Edu.co. [citado 18 de junio de 2022]. Disponible en: <https://logihfrutic.unibague.edu.co/logistica-y-comercio/empaques-y-embalajes>

(122) Fetecua A. Empaques y embalajes: diferencias y beneficios [Internet]. Renta Espacio. 2019 [citado 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://rentaespacio.co/blog/empaques-embalajes-diferencias-y-beneficios/>

(123) Manejo de Empaques de frutas y hortalizas [Internet]. Inter empresas. [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/75750-Manejo-de-Empaques-de-frutas-y-hortalizas.html>

(124) C. Cómo calcular las medidas de empaque de una caja [Internet]. wikiHow. 2018 [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://es.wikihow.com/calcular-las-medidas-de-empaque-de-una-caja>

(125) NORMA GENERAL DEL CODEX PARA EL ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS PREENVASADOS [Internet]. Fao.org. [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y2770s/y2770s02.html>

(126) Empaques y Embalajes [Internet]. Edu.co. [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://logihfrutic.unibague.edu.co/logistica-y-comercio/empaques-y-embalajes>

(127) Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Metodos para el Cuidado de Alimentos Perecederos. Div Transp y Mercadeo [Internet]. 2017; Available from: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Metodos para el Cuidado de Alimentos Perecederos.pdf>

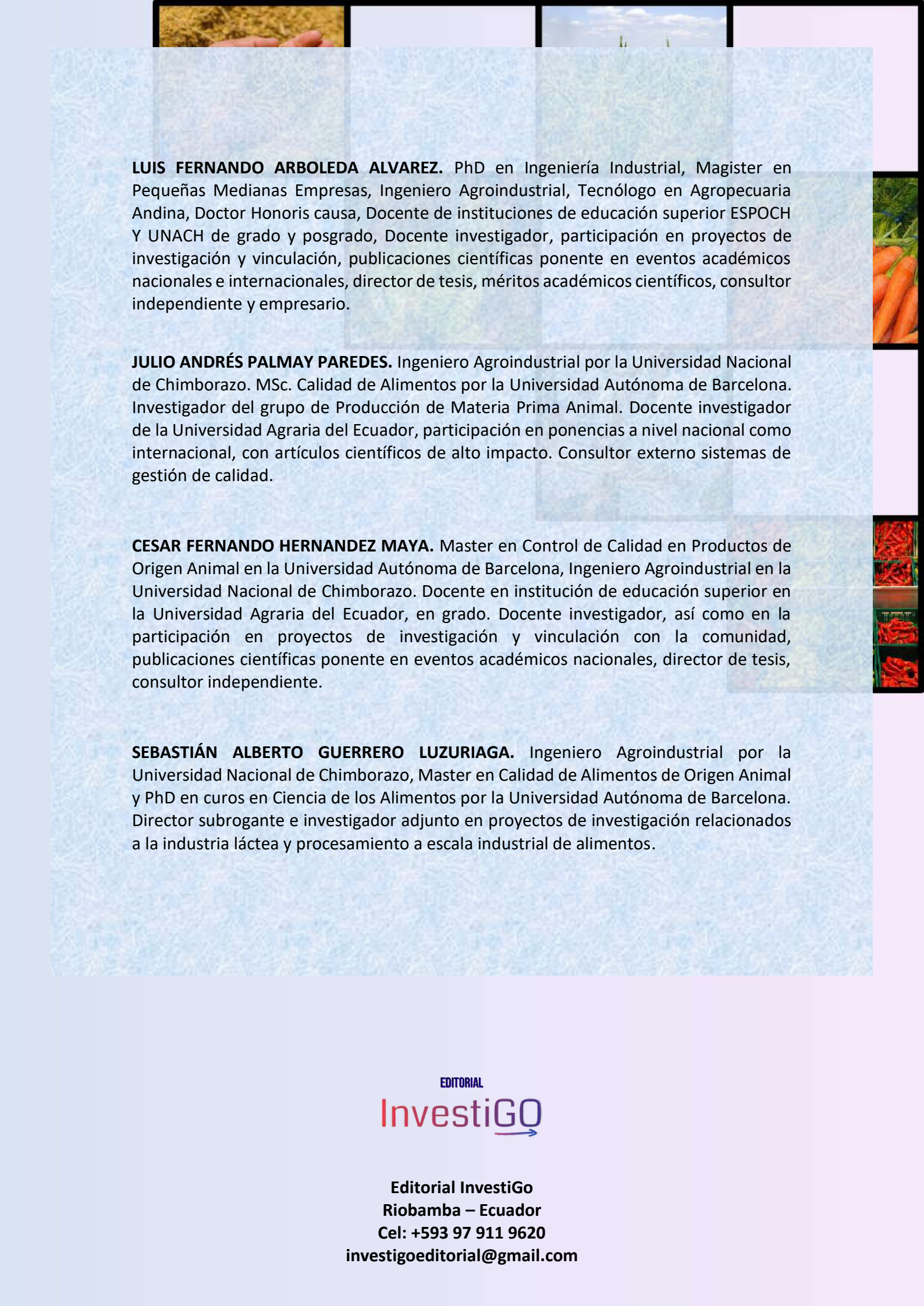


MANEJO INTEGRAL DE LA POSCOSECHA APLICADO A LA INGENIERÍA se publicó en el
mes de abril de 2023.

InvestiGo

ISBN: 978-9942-44-380-9

**Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
investigoeditorial@gmail.com**



LUIS FERNANDO ARBOLEDA ALVAREZ. PhD en Ingeniería Industrial, Magister en Pequeñas Medianas Empresas, Ingeniero Agroindustrial, Tecnólogo en Agropecuaria Andina, Doctor Honoris causa, Docente de instituciones de educación superior ESPOCH Y UNACH de grado y posgrado, Docente investigador, participación en proyectos de investigación y vinculación, publicaciones científicas ponente en eventos académicos nacionales e internacionales, director de tesis, méritos académicos científicos, consultor independiente y empresario.

JULIO ANDRÉS PALMAY PAREDES. Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Nacional de Chimborazo. MSc. Calidad de Alimentos por la Universidad Autónoma de Barcelona. Investigador del grupo de Producción de Materia Prima Animal. Docente investigador de la Universidad Agraria del Ecuador, participación en ponencias a nivel nacional como internacional, con artículos científicos de alto impacto. Consultor externo sistemas de gestión de calidad.

CESAR FERNANDO HERNANDEZ MAYA. Master en Control de Calidad en Productos de Origen Animal en la Universidad Autónoma de Barcelona, Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Nacional de Chimborazo. Docente en institución de educación superior en la Universidad Agraria del Ecuador, en grado. Docente investigador, así como en la participación en proyectos de investigación y vinculación con la comunidad, publicaciones científicas ponente en eventos académicos nacionales, director de tesis, consultor independiente.

SEBASTIÁN ALBERTO GUERRERO LUZURIAGA. Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Nacional de Chimborazo, Master en Calidad de Alimentos de Origen Animal y PhD en cursos en Ciencia de los Alimentos por la Universidad Autónoma de Barcelona. Director subrogante e investigador adjunto en proyectos de investigación relacionados a la industria láctea y procesamiento a escala industrial de alimentos.

EDITORIAL

InvestiGO

Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
investigoeditorial@gmail.com



MANEJO INTEGRAL DE LA POSCOSECHA APLICADO A LA INGENIERÍA

TODO LO QUE NECESITAS SABER...

Detrás de cada alimento está el campo y el trabajo de su gente.

Invitamos a los lectores a revisar el libro Manejo integral de la poscosecha aplicado a la ingeniería. Por su contenido la obra es un material bibliográfico relevante en temas relacionados a la poscosecha. Profundiza cada uno de sus procesos operativos de manera detallada. La obra ha sido realizada con el objetivo de despertar interés en las personas vinculadas al medio Agroindustrial, sirviendo de complemento para su formación educativa.

EDITORIAL
InvestiGO

InvestiGo

ISBN: 978-9942-44-380-9

Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
investigoeditorial@gmail.com