

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**



**“EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE EMPAQUES EN LA  
CONSERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.), DURANTE EL ALMACENAMIENTO.”**

**PRESENTADO POR**

**ANA BEATRIZ LIMA SAGASTUME**

**HAYDEÉ ESMERALDA MUNGUÍA AYALA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE**

**INGENIERA DE ALIMENTOS**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2009**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. Rufino Antonio Quezada Sánchez**

**SECRETARIO GENERAL:**

**Lic. Douglas Vladimir Alfaro Chávez**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**Ing. Mario Roberto Nieto Lovo**

**SECRETARIO :**

**Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**DIRECTOR :**

**Ing. Fernando Teodoro Ramírez Zelaya**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:**

**INGENIERA DE ALIMENTOS**

**Título :**

**“EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE EMPAQUES EN LA  
CONSERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.), DURANTE EL ALMACENAMIENTO.”**

**Presentado por:**

**ANA BEATRIZ LIMA SAGASTUME  
HAYDEÉ ESMERALDA MUNGUÍA AYALA**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**DOCENTES DIRECTORES:**

**LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ  
MSc. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA  
ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMÁN**

**San Salvador, Febrero de 2009**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**Docentes Directores :**

**Licda. Ana Isabel Pereira de Ruíz**

**MSc. Delmy del Carmen Rico Peña**

**Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán**

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dar gracias a los docentes directores, **Licda. Ana Isabel Pereira de Ruiz, MSc. Delmy del Carmen Rico Peña e Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán**, por brindarnos los lineamientos a seguir para la finalización de este trabajo.

Extendemos además nuestros agradecimientos a:

**Ing. Tania Torres** por su ayuda en el desarrollo de la experimentación y análisis de resultados.

**Licda. Xochil Maria Godoy de Villatoro** por estar siempre dispuesta a ayudarnos y asesorarnos a lo largo de nuestros estudios en el área de alimentos.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por todas las bendiciones y oportunidades de superación.

A mis Padres, Héctor y Tere, pues han sido y son la base y pilares de mi vida, agradezco su apoyo y amor. Los quiero mucho.

A Rolando Alfredo Pérez Santamaría, mi amado esposo, pues es para mi un ejemplo de disciplina y dedicación.

A mis hijas Valeria Esmeralda y Natalia Isabel, pues engrandecen mi espíritu y me brindan muchas satisfacciones.

Especialmente agradezco a mi compañera Ana Beatriz Lima de Zaldaña, ya que ha hecho posible el término de este trabajo con su tiempo y dedicación.

**Haydee Esmeralda Munguía de Pérez**

A Dios y a la Santísima Virgen María por guiar mis pasos a lo largo de mi vida.

A mi esposo José Eduardo por ser mi fuente de inspiración, por su apoyo incondicional y desmedido en todos estos años juntos.

A mi hijo Carlos Eduardo por ser el mejor regalo que Dios me ha dado y por inspirarme a luchar y ser mejor cada día.

A Haydeé Esmeralda por su amistad sincera a los largo de todos estos años.

**Ana Beatriz Lima de Zaldaña**

## RESUMEN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es muy susceptible a la pérdida de agua, debido a que tiene una gran superficie expuesta al ambiente, los síntomas de pérdida de agua se reflejan como pérdida de firmeza y turgencia<sup>1</sup> en las hojas y un deterioro en la apariencia de las mismas; pierden su apariencia fresca y se ven marchitas.

Con el propósito de conservar las características de calidad e inocuidad de la lechuga durante el almacenamiento, se evaluaron tres tipos de empaque para su conservación: Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y Polipropileno Biorientado (PPBO). Se trabajó únicamente con la variedad de lechuga iceberg, la cual fue adquirida en el mercado de mayoreo “La Tiendona”, en San Salvador, procedente ésta de Guatemala.

El Desarrollo Experimental consistió en la evaluación de la pérdida de peso durante el almacenamiento de la lechuga, y se utilizó un Diseño Bifactorial con réplica para determinar el efecto que tiene el tipo de empaque y la temperatura sobre la duración de la lechuga almacenada. Además, se llevó a cabo un análisis microbiológico de coliformes para conocer el estado de higiene de la lechuga adquirida en el mercado.

Las lechugas fueron almacenadas a 5° C (refrigeración) y a Temperatura Ambiente. El tiempo de almacenamiento fue de 1 semana para las lechugas a Temperatura ambiente y de tres semanas para aquellas a 5° C. Se almacenaron tanto en empaque como sin empaque a las condiciones antes mencionadas. Los empaques evaluados consistían en bolsas de 30 cm x 30 cm, y se evaluaron tanto con perforaciones como sin ellas.

Los resultados en relación a la pérdida de peso indicaron un incremento en la pérdida de peso en relación al peso inicial, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. De las variables estudiadas en el análisis estadístico realizado, el efecto de la Temperatura si fue significativo, no así el efecto del Tipo de Empaque.

El análisis microbiológico de coliformes no reflejó que la lechuga sometida al estudio represente un peligro para la salud.

---

<sup>1</sup> Acción y efecto de hincharse, como consecuencia de la absorción de agua por ósmosis.

## INDICE

Contenido	Pág.
INTRODUCCION.....	i
1.0 CULTIVO Y MANEJO POSCOSECHA DE LA LECHUGA.....	1
1.1 Generalidades del Cultivo.....	1
1.1.1 Taxonomía y Morfología.....	1
1.1.2 Aspectos Botánicos.....	2
1.1.3 Valor Nutricional.....	3
1.1.4 Requerimientos Edafoclimáticos.....	5
1.1.5 Particularidades del Cultivo.....	6
1.1.6 Control de Plagas y Enfermedades.....	8
1.1.7 Recolección.....	9
1.1.8 Almacenamiento .....	9
1.2 Generalidades de Poscosecha.....	10
1.2.1 Introducción.....	10
1.2.2 Fisiología de Frutas y Hortalizas.....	10
1.2.3 Factores Relacionados con la Manipulación.....	17
1.2.4 Pérdidas Poscosecha.....	18
1.2.4.1 Importancia de las Pérdidas de Poscosecha.....	18
1.2.4.2 Principales Causas de las Pérdidas de Poscosecha.....	19
2.0 ENVASADO DE PRODUCTOS HORTOFRUTICOLAS.....	21
2.1 Introducción.....	21
2.2 Bolsas Plásticas.....	22
2.2.1 Polietileno.....	23
2.2.2 Polipropileno.....	27
3.0 DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL EMPAQUE QUE MEJOR CONSERVE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA LECHUGA.....	31
3.1 Mecanismo de la Experimentación.....	31
3.1.1 Preparación de las Unidades Experimentales.....	31



3.1.2 Condiciones de Almacenamiento.....	32
3.1.3 Resumen de los Parámetros Utilizados para la Experimentación...	33
3.2 Desarrollo Experimental.....	33
3.2.1 Variación de Peso de la Lechuga Durante el Tiempo de Almacenamiento.....	34
3.2.2 Diseño Bifactorial con Réplica.....	44
3.2.3 Análisis Microbiológico de Coliformes para la Lechuga Iceberg en Experimentación.....	47
3.2.4 Evaluación de las Propiedades Funcionales de las Películas Utilizadas para el Almacenamiento de la Lechuga.....	48
OBSERVACIONES.....	50
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	56
Anexo A, Principales Causas de Pérdidas de Frutas y Hortalizas, Forma y Medios para Superarlas.....	57
Anexo B, Buenas Prácticas Agrícolas en la Poscosecha.....	63
Anexo C, Demanda de Hortalizas en El Salvador.....	72
Anexo D, Fotografías Desarrollo Experimental.....	83
Anexo E, Diseño Factorial de dos factores.....	90
Anexo F, Puntos Porcentuales de la Distribución F.....	98
Anexo G, Informe de Análisis Microbiológico de Coliformes para la Lechuga Iceberg en Experimentación.....	100
Anexo H, El Empaque y su Resistencia Física.....	102
Anexo I, Guía Técnica de Manejo Poscosecha de Lechuga (Lactuca sativa) para el Mercado Fresco.....	111

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 1.1 Clasificación de la Lechuga.....	2
Cuadro 1.2 Valor Nutricional de la Lechuga en 100 g de Sustancia.....	4
Cuadro 1.3 Sentidos Utilizados para Evaluar Subjetivamente la Madurez de Frutas y Hortalizas.....	14
Cuadro 1.4 Instrumentos o Mediciones Utilizados para Evaluar Objetivamente la Madurez de Frutas y Hortalizas.....	15
Cuadro 2.1 Algunas Propiedades de los Polietilenos de Baja y Alta Densidad...	25
Cuadro 2.2 Principales Aplicaciones de los Distintos Tipos de Polietileno.....	26
Cuadro 3.1 Especificaciones del Material de Empaque Utilizado en la Experimentación para Pruebas en Lechuga (Lactuca sativa L.), Variedad Iceberg.....	32
Cuadro 3.2 Resumen de los Parámetros Utilizados para la Experimentación en Unidades de Lechuga.....	33
Cuadro 3.3 Variación de Peso para Lechuga Almacenada sin Empaque a Temperatura Ambiente.....	34
Cuadro 3.4 Variación de Peso para Lechuga Almacenada sin Empaque a Temperatura de 5° C.....	34
Cuadro 3.5 Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque con Orificios a Temperatura Ambiente.....	35
Cuadro 3.6 Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque sin Orificios a Temperatura Ambiente.....	35
Cuadro 3.7 Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque con Orificios a Temperatura de 5° C.....	36
Cuadro 3.8 Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque sin Orificios a Temperatura de 5° C.....	37
Cuadro 3.9 Escala de la Calidad Visual y al Tacto Usada para la Determinación del Tiempo Máximo de Aceptabilidad de la Lechuga en el Mercado.....	45
Cuadro 3.10 Datos de Duración (en días) de Lechuga Almacenada.....	46

Cuadro 3.11 Análisis de Varianza para los Datos de Duración de Lechuga Almacenada.....	47
Cuadro 3.12 Resultado de Análisis Microbiológico de Coliformes para Lechuga Iceberg en Experimentación.....	47
Cuadro 3.13 Resultado de Análisis de Propiedades Mecánicas de las Películas Utilizadas en la Experimentación.....	49

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
Figura 2.1 Estructura de la Cadena de Diferentes Tipos de Polietileno: (a) Alta Densidad, (b) Baja Densidad y (c) Baja Densidad Lineal.....	24
Figura 2.2 Formas Isómeras del Polipropileno.....	29
Figura 3.1 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga sin Empaque.....	38
Figura 3.2 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEBD con Orificios.....	38
Figura 3.3 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEAD con Orificios.....	39
Figura 3.4 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PPBO con Orificios.....	39
Figura 3.5 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEBD sin Orificios.....	40
Figura 3.6 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEAD sin Orificios.....	40
Figura 3.7 Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PPBO sin Orificios.....	41
Figura 3.8 Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados con Orificios a Temperatura Ambiente.....	42
Figura 3.9 Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados con Orificios a Temperatura de 5 °C.....	42
Figura 3.10 Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados sin Orificios a Temperatura Ambiente.....	43
Figura 3.11 Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados sin Orificios a Temperatura de 5 °C.....	43

## INTRODUCCION

El empaqueo de productos frescos (hortalizas y vegetales) es un área de la tecnología de alimentos que necesita mayor estudio en El Salvador.

El principal interés de empaacar hortalizas y vegetales frescos es preservar la calidad, sanidad, higiene e inocuidad del producto. Cada hortaliza tiene necesidades específicas, pues su metabolismo sigue vivo después de la cosecha, por lo que no existe un solo tipo de empaque que funcione bien con todos los tipos de vegetales, debido a lo cual se tiene la necesidad de definir las características de los empaques para cada producto.

El principal problema de la falta de investigación en el área del empaqueo, es que a pesar de que El Salvador posee tierras para cultivo, el sector agrícola ha estado deprimido y a la mesa de los salvadoreños llegan hortalizas y vegetales procedentes del extranjero. Las hortalizas y vegetales importados vienen con su propia tecnología e investigaciones para mantener sus productos en el mercado pero la información no está disponible.

Los productos plásticos son uno de los principales materiales utilizados para el empaqueo debido a su versatilidad de acoplarse a distintas formas y su bajo peso. Entre las mayores aplicaciones se encuentran los empaques plásticos para productos alimenticios, los mismos que necesitan cumplir con estrictos parámetros de calidad y mantener su contenido apto para el consumo.

Los alimentos tienen distintos comportamientos dependiendo de la naturaleza del ambiente donde se conservan, por lo que se han desarrollado diversos tipos de pruebas para medir y verificar la estabilidad del mismo. La industria alimenticia local utiliza por lo general modelos y diseños de empaques estructurados por países desarrollados, con lo que adoptan las condiciones de los países de origen. En la práctica esto puede acarrear errores en la estimación de la vida útil de los productos empacados, debido a que las condiciones atmosféricas locales son diferentes, por lo que es necesario realizar o confirmar el comportamiento de los alimentos en su empaque en países como es el caso de El Salvador.

## 1.0 CULTIVO Y MANEJO POSCOSECHA DE LA LECHUGA

### 1.1 Generalidades del Cultivo

La lechuga es una de las hortalizas más importantes del grupo de las hortalizas de hoja que se consumen crudas en ensaladas, debido a su bajo costo. Tiene importante contenido en minerales, vitaminas y es baja en calorías (ver cuadro 1.2).

Es ampliamente conocida y se cultiva en casi todos los países. Su producción es fácil, su calidad se puede mejorar y ampliar los períodos de disponibilidad de los mejores tipos, mediante prácticas sencillas y selección de cultivares apropiados.

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India, hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas (INFOAGRO, 2007).

El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2.500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (INFOAGRO, 2007).

#### 1.1.1 Taxonomía y Morfología

La lechuga es una planta anual y autógama, perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L. (INFOAGRO, 2007).

**Raíz:** la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

**Hojas:** las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

**Tallo:** es cilíndrico y ramificado.





**Inflorescencia:** son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.

**Semillas:** están provistas de un vilano plumoso.

### 1.1.2 Aspectos Botánicos

La lechuga es una planta anual que pertenece a la familia Compositae y corresponde a la especie *Lactuca sativa*, presenta una gran diversidad genética ya que existen diferentes tipos de especies caracterizados por sus diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento en las plantas. Por lo anterior las lechugas se clasifican en diferentes especies:

**Cuadro 1.1- Clasificación de la Lechuga**

Grupo Botánico	Descripción	Nombre científico	Variedades
 Romana	No forman un verdadero cogollo, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho.	<i>Lactuca sativa</i> var. longifolia	Romana y Baby
 Acogolladas	Forman un cogollo apretado de hojas.	<i>Lactuca sativa</i> var. Capitata	Batavia, Mantecosa o trocadero y Iceberg
 De hojas sueltas	Poseen las hojas sueltas y dispersas.	<i>Lactuca sativa</i> var. Inybacea	Lollo Rossa, Red Salad Bowl y Cracarrlle
 Lechuga espárrago	Se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas. Se cultivan principalmente en China y la India.	<i>Lactuca sativa</i> var. Augustana	-----

Ref.: INFOAGRO (2007)

### **1.1.3 Valor Nutricional (Fundación EROSKI, 2007)**

La lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua su escasa cantidad de hidratos de carbono y menor aún de proteínas y grasas.

En cuanto a su contenido en vitaminas, destaca la presencia de folatos, provitamina A o beta-caroteno, y vitaminas C y E. La lechuga romana cultivada al aire libre es la variedad más rica en vitaminas, mientras que la iceberg es la que menor cantidad de vitamina C presenta.

Los *folatos* intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

El *beta-caroteno* es un pigmento natural que confiere el color amarillo-anaranjado-rojizo a los vegetales y que el organismo transforma en vitamina A según sus necesidades. En el caso de la lechuga, el beta-caroteno está enmascarado por la clorofila, pigmento más abundante. La vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico, además de tener propiedades antioxidantes.

La *vitamina E* interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. Ejerce una acción antioxidante que también caracteriza a la *vitamina C*. Ésta participa en la formación de colágeno, huesos, dientes y glóbulos rojos.

Favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. En cuanto a los *minerales*, la lechuga destaca por la presencia de potasio y hierro. También contiene magnesio y calcio, aunque en menor proporción. El calcio presente en la lechuga no se asimila apenas si se compara con los lácteos u otros alimentos buena fuente de este mineral. Algo similar ocurre con el hierro, cuya absorción es mucho mayor cuando procede de alimentos de origen animal.

El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, además de colaborar en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.



El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante.

Las hojas más externas de la lechuga concentran la mayor parte de vitaminas y minerales.

A pesar que la lechuga es una hortaliza pobre en calorías, sus hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores.

**Cuadro 1.2- Valor Nutricional de la Lechuga en 100 g de Sustancia**

<b>COMPONENTE</b>	<b>CONTENIDO</b>
Agua (ml)	95.0
Carbohidratos (g)	1.90
Proteínas (g)	1.5
Grasas (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I.)	1155
Calorías (cal)	18

Ref.: INFOAGRO (2007)

### **1.1.4 Requerimientos Edafoclimáticos (INFOAGRO, 2007)**

#### **a) Temperatura**

La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20 °C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18 °C por el día y 5-8 °C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12 °C por el día y 3-5 °C por la noche.

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -6 °C.

Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna fisiopatía.

#### **b) Humedad relativa**

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve.

La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

#### **c) Suelo**

Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4.

En los suelos humíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar.

Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello.

En cultivos de primavera, se recomiendan los suelos arenosos, pues se calientan más rápidamente y permiten cosechas más tempranas.

En cultivos de otoño, se recomiendan los suelos francos, ya que se enfrían más despacio que los suelos arenosos.

En cultivos de verano, es preferible los suelos ricos en materia orgánica, pues hay un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido.

### **1.1.5 Particularidades del Cultivo (INFOAGRO, 2007)**

#### **a) Semillero**

La multiplicación de la lechuga suele hacerse con planta en cepellón obtenida en semillero. Se recomienda el uso de bandejas de poliestireno de 294 alveolos, sembrando en cada alveolo una semilla a 5 mm de profundidad.

Una vez transcurridos 30-40 días después de la siembra, la lechuga será plantada cuando tenga 5-6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm., desde el cuello del tallo hasta las puntas de las hojas.

#### **b) Preparación del terreno**

En primer lugar se procederá a la nivelación del terreno, especialmente en el caso de zonas encharcadizas, seguidamente se procederá al asurcado, formará varios bancos, para marcar la ubicación de las plantas así como realizar pequeños surcos donde alojar la tubería portagotos.

La lechuga necesita suelos con pH de 6-6,8 fértiles, francos o francoarenosos y ricos en materia orgánica. Requiere humedad permanente del suelo, pero bajo un buen drenaje. El cultivo demanda unos 400-500 mm de agua durante el ciclo vegetativo (Boletín técnico: "Cultivo de Lechuga", Marzo 2005).

Se recomienda cultivar lechuga después de leguminosas, cereal o barbecho, manteniendo las parcelas libre de malas hierbas y restos del cultivo anterior. No deberán utilizarse el mismo terreno para más de dos campañas con dos cultivos a lo largo de cuatro años, salvo que se realice una sola plantación por campaña, alternando el resto del año con barbecho, cereal o leguminoso.

La desinfección química del suelo no es recomendable, ya que se trata de un cultivo de ciclo corto y muy sensible a productos químicos, pero si se recomienda utilizar la solarización en verano.

Se recomienda el acolchado durante los meses invernales empleando láminas de polietileno negro o transparente. Además también se emplean en las lechugas de pequeño tamaño y las que no forman cogollos cuyas hojas permanecen muy abiertas, para evitar que se ensucien de tierra procedentes del agua de lluvia.

### ***c) Riego***

Los mejores sistemas de riego, que actualmente se están utilizando para el cultivo de la lechuga son, el riego por goteo (cuando se cultiva en invernadero), y las cintas de exudación (cuando el cultivo se realiza al aire libre).

Existen otras maneras de regar la lechuga como el riego por gravedad y el riego por aspersión, pero cada vez están más en desuso, aunque el riego por surcos permite incrementar el nitrógeno en un 20%.

Los riegos se darán de manera frecuente y con poca cantidad de agua, procurando que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar podredumbres del cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo.

Se recomienda el riego por aspersión en los primeros días post-trasplante, para conseguir que las plantas agarren bien.

### ***d) Abonado***

El 60-65% de todos los nutrientes son absorbidos en el periodo de formación del cogollo y éstas se deben de suspender al menos una semana antes de la recolección.

La lechuga por su sistema radical, no muy extenso, prefiere suelos con buena capacidad de retención de humedad pero bien drenados, preferentemente con alto contenido de materia orgánica, por lo que es importante la incorporación de estiércol bien descompuesto en una cantidad de 8-10 Tn/ha (Boletín técnico: "Cultivo de Lechuga", Marzo 2005).

La lechuga es una planta exigente en abonado potásico, debiendo cuidar los aportes de este elemento, especialmente en épocas de bajas temperaturas; y al consumir más potasio va a absorber más magnesio, por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de equilibrar esta posible carencia.

La fertilización exacta dependerá del análisis de suelo, este cultivo es más exigente en nitrógeno y fósforo; se comporta mejor en suelos ligeramente ácidos con pH de 6.5-6.8 (Andrade R., Marzo 2005).

#### **1.1.6 Control de Plagas y Enfermedades (Andrade R., Marzo 2005)**

Por el ciclo corto de la lechuga, la incidencia de enfermedades y plagas es mínima, podemos mencionar la podredumbre blanca acuosa (Sclerotinia) pudiendo ser evitada no anegando el terreno o evitando riegos muy intensos. Pudrición del cuello (Sclerotinia sclerotium), este hongo ataca el cuello de la raíz y produce volcamiento y muerte de las plantas; se controla con buenos drenajes y fungicidas de cobre. Mildew polvoroso (Bremia lactucae), produce manchas amarillentas en el haz de las hojas; se controla con rotación de cultivos y aspersiones de fungicidas de carbendazin.

Una plaga muy común es la mosca blanca, además de pulgones y para controlar se ha tenido buenos resultados con la aplicación de Dimethoato con una dosis de 40cc para 20 lt. de agua. Trazadores (Agrotis ipsilon Hufnagel, Spodoptera frugiperda L.E.Smith), las larvas cortan las plántulas a ras de suelo, se controlan con cebos tóxicos de carbaryl o triclofon. Chupadores (Empoasca Icaemeri Roos y Moore), chupan la savia de las hojas, produciendo puntos cloróticos y transmiten virus, se controlan con aspersiones de insecticidas.

### **1.1.7 Recolección (INFOAGRO, 2007)**

La madurez está basada en la compactación de la cabeza. Una cabeza compacta es la que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida, es considerada apta para ser cosechada. Una cabeza muy suelta está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobremadura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobremaduras y también tienen menos problemas en poscosecha.

Lo más frecuente es el empleo de sistemas de recolección mixtos que racionalizan la recolección a través de los cuales solamente se cortan y acarrean las lechugas en campo, para ser confeccionadas posteriormente en almacén.

### **1.1.8 Almacenamiento (INFOAGRO, 2007)**

Una temperatura de 0 °C y una humedad relativa mayor del 95% se requiere para optimizar la vida de almacenaje de la lechuga. El enfriamiento por vacío es generalmente utilizado para la lechuga tipo *Iceberg*, sin embargo el enfriamiento por aire forzado también puede ser usado exitosamente.

El daño por congelamiento puede ocurrir si la lechuga es almacenada a menos de -0.2 °C. La apariencia del daño es un oscurecimiento translúcido o un área embebida en agua, la cual se torna legamosa y se deteriora rápidamente o después de descongelarse.

Durante el almacenamiento pueden producirse pudriciones blandas bacterianas (bacterial soft-rots), causadas por numerosas especies de bacterias, dando lugar a una destrucción legamosa del tejido infectado. Las pudriciones blandas pueden dar pie a infecciones por hongos. La eliminación de las hojas exteriores, enfriamiento rápido y una baja temperatura de almacenamiento reducen el desarrollo de las pudriciones blandas bacterianas.

Los hongos pueden producir una desorganización acuosa de la lechuga (ablandamiento acuoso) causado por *Sclerotinia* o por *Botritis cinerea*, estas se distinguen de las pudriciones blandas bacterianas por el desarrollo de esporas negras y grises. La

eliminación de las hojas y la baja temperatura también pueden reducir la severidad de estas pudriciones.

## **1.2 Generalidades de Poscosecha**

### ***1.2.1 Introducción (Wills R., 1998)***

Extender la vida poscosecha de los productos hortícolas exige conocer las causas del deterioro de la calidad que acaba inutilizándolos para la venta y explotar este conocimiento para desarrollar tecnologías que permitan minimizar el ritmo de deterioro a un costo asumible.

El fin último de la tecnología poscosecha es el desarrollo de métodos que disminuyan, cuanto sea posible, el deterioro de los productos durante el período que media entre la recolección y su uso por el consumidor. Requiere un conocimiento profundo de la estructura, la composición, la bioquímica y la fisiología de los productos hortícolas, ya que las tecnologías poscosecha tratan básicamente de frenar el ritmo metabólico de los productos, sin inducir procesos anómalos. Aunque existen aspectos estructurales y metabólicos comunes, los diferentes tipos de productos ofrecen distintas respuestas a situaciones poscosecha concretas. Se necesita desarrollar tecnologías apropiadas para hacer frente a estas diferencias en el comportamiento. Los distintos cultivos de un mismo producto y los productos de un mismo cultivo con diferentes grados de madurez, o producidos en distintas zonas, o en distintas épocas del año, pueden ofrecer también respuestas muy distintas.

### ***1.2.2 Fisiología de Frutas y Hortalizas***

Las lechugas son plantas vivas que durante su crecimiento muestran todas las características propias de la vida vegetal (ej.: respiración, transpiración, síntesis y degradación de metabolitos y posiblemente también la fotosíntesis).

#### **a) Respiración (CD-ROM N° 2 de INPhO, 2000)**

La lechuga así como las frutas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la manutención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la

atmósfera y liberando dióxido de carbono, tal como lo hace el hombre, los animales y otros organismos. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos. Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen será un factor de gran importancia en la duración de la vida de poscosecha del producto.

La respiración es necesaria para la obtención de energía, pero parte de esa energía produce calor que debe ser disipado de alguna manera, o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. En la etapa de crecimiento este calor es transmitido a la atmósfera, pero después de la cosecha y cuando el producto es empacado en un espacio confinado, la eliminación del calor puede dificultarse. La importancia de la disipación del calor del producto fresco reside en el hecho que la respiración consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, cuya velocidad aumenta al incrementar la temperatura. En consecuencia, una vez que el producto comienza a calentarse, se estimula aun más la respiración y el calentamiento y de este modo se vuelve muy difícil de controlar la temperatura del producto.

#### **b) Transpiración (CD-ROM Nº 2 de INPhO, 2000)**

Las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua (80% o más) y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración. La atmósfera interna de frutas y hortalizas está saturada con vapor de agua, pero a la misma temperatura el aire circundante está menos saturado. Existe pues un gradiente a lo largo del cual el vapor de agua se mueve desde el producto al aire que lo rodea. Una esponja mojada pierde agua hacia la atmósfera en la misma forma.

El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada. La velocidad con que se pierde esta agua será un factor determinante en la vida de poscosecha del producto. La pérdida de agua causa una



disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito.

### **c) Efectos de la humedad (CD-ROM N° 2 de INPhO, 2000)**

Si queremos prolongar la vida de poscosecha de cualquier producto fresco se deduce que debemos de tratar de controlar los procesos de respiración y transpiración. Como hemos dicho, la transpiración consiste en el movimiento de vapor de agua a través de un gradiente (es decir, de alta a baja). Si la humedad del aire es alta la presión del vapor de agua también será alta. A una temperatura dada la cantidad de vapor de agua que puede contener el aire es limitado. Cuando el aire está 100% saturado, toda agua adicional se condensa. El aire caliente puede retener más vapor de agua que el aire frío, lo cual explica la condensación que se produce en la superficie exterior de una botella de cerveza fría. El punto de saturación se designa como Humedad Relativa de 100%; el aire totalmente seco tiene una humedad relativa de 0%. Si la atmósfera que rodea al producto tiene 50% de Humedad Relativa (H.R.), el vapor de agua pasa del producto al aire circundante ya que su atmósfera interna tiene 100% de H.R. Mientras más seco esté el aire, más rápido pierde agua el producto mediante la transpiración. De este modo si vamos a ejercer un control sobre la transpiración será conveniente mantener el producto en un ambiente con humedad relativa alta, reduciendo de ese modo la pérdida de agua y ayudando a extender la vida de poscosecha.

### **d) Estructura y estado del producto (CD-ROM N° 2 de INPhO, 2000)**

El producto pierde agua como vapor a través de orificios naturales y áreas dañadas de la superficie.

Los orificios naturales incluyen los estomas, que son aberturas muy pequeñas en la piel (epidermis), que son los mismos poros a través de los cuales se intercambian otros gases como oxígeno y dióxido de carbono. Las hortalizas de hojas pierden la mayor parte del agua a través de los estomas.

En general, mientras mayor es la razón superficie a volumen del producto (es decir, mientras mayor es la superficie expuesta por unidad de volumen) más rápida es la tasa de pérdida de agua.

Las hortalizas de hoja como la lechuga y el apio, por lo tanto pierden agua a mayor velocidad, mientras que los melones y manzanos con menos superficie expuesta pierden agua más lentamente. La lechuga de hojas sueltas que tienen todas las hojas expuestas, se marchitan más rápidamente que la lechuga compacta y repollo, que sólo tienen expuestas las hojas externas.

#### **e) Efectos de la temperatura (CD-ROM Nº 2 de INPhO, 2000)**

La temperatura influye directamente sobre la respiración y si se permite que incremente la temperatura del producto, igualmente incrementará la velocidad de la respiración, generando una mayor cantidad de calor. Así, manteniendo baja la temperatura, podemos reducir la respiración del producto y ayudar a prolongar su vida de poscosecha.

La temperatura además de la influencia que ejerce sobre la respiración, también puede causar daño al producto mismo. Si el producto se mantiene a una temperatura superior a los 40 °C, se dañan los tejidos y a los 60 °C toda la actividad enzimática se destruye, quedando el producto afectivamente muerto. El daño causado por la alta temperatura se caracteriza por sabores alcohólicos desagradables, generalmente como resultado de reacciones de fermentación y de una degradación de la textura del tejido. Ocurre con frecuencia cuando el producto se almacena amontonado a temperaturas ambientes tropicales.

Bajo temperaturas de refrigeración inadecuadas, el producto fresco se congela a alrededor de -2 °C, ocasionando el rompimiento de los tejidos y sabores desagradables al retornar a temperaturas más altas, por lo que el producto generalmente no es comerciable. La mayoría de las frutas tropicales experimentan daño por frío a temperatura entre 5 y 14 °C.

#### **f) Madurez fisiológica (CD-ROM Nº 2 de INPhO, 2000)**

La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta. No siempre es posible distinguir claramente las tres fases del desarrollo del órgano de una planta (crecimiento, madurez y envejecimiento) porque las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas.

**g) Madurez comercial (CD-ROM N° 2 de INPhO, 2000)**

La madurez comercial es simplemente las condiciones de un órgano de la planta requerido por un mercado. Comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o envejecimiento. Los términos inmadurez, madurez óptima y sobremadurez se relacionan con las necesidades del mercado. Sin embargo, debe haber comprensión de cada uno de ellos en términos fisiológicos, particularmente en lo que concierne a la vida de almacenamiento y calidad cuando maduran. Para determinar la madurez óptima de recolección de frutas y hortalizas se usa una combinación de criterios subjetivos y objetivos. En el método subjetivo usamos nuestros sentidos para evaluar la madurez de frutas y hortalizas (ver cuadro 1.3).

**Cuadro 1.3- Sentidos Utilizados para Evaluar Subjetivamente la Madurez de Frutas y Hortalizas**

<b>SENTIDO</b>	<b>ASPECTOS EVALUADOS</b>
Vista	Color, tamaño y forma;
Tacto	Áspero, suave, blando y duro;
Oído	Sonido del producto al tocarlo con los dedos;
Olfato	Olor y aroma;
Gusto	Ácido, dulce, salado y amargo.

**Ref.: CD-ROM N° 2 de INPhO, 2000**

Para la evaluación objetiva se utilizan instrumentos o mediciones objetivas (ver cuadro 1.4).

**Cuadro 1.4- Instrumentos o Mediciones Utilizados para Evaluar Objetivamente la Madurez de Frutas y Hortalizas**

<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>ASPECTOS EVALUADOS</b>
Tiempo	De plantación a floración;
Ambiente	Unidades de calor acumuladas durante el periodo de crecimiento;
Características físicas	Forma, tamaño, volumen, peso, color, grosor de la piel de la fruta, etc.
Características químicas	Se usan raramente para hortalizas frescas, pero son características muy importantes en el procesamiento de verduras y frutas. El contenido de azúcar en las uvas para hacer vino; grados Brix (una medida de los sólidos solubles en el jugo) en el procesamiento del tomate;
Características fisiológicas	Ritmo o patrón de respiración.

**Ref.: CD-ROM Nº 2 de INPhO, 2000**

**h) Efectos del etileno (*Wills R., 1998*)**

El inicio de la maduración organoléptica natural se acompaña, en los frutos climatéricos de un incremento en la producción de etileno. El tratamiento con etileno exógeno de los frutos preclimatéricos acelera el comienzo del proceso madurativo. En la práctica industrial, se explota esta respuesta al etileno exógeno para controlar la maduración de determinados productos. El efecto del etileno sobre las frutas y hortalizas no climatéricas no parece ser industrialmente beneficioso, ya que lo único que hace es reducir la calidad poscosecha, acelerando la senescencia, lo que se pone de manifiesto por la pérdida del color verde, los cambios en textura y en flavor (sabor y aroma) y el aceleramiento de las lesiones por el frío y el deterioro microbiano.

**i) Otros factores poscosecha que influyen en la calidad (*Wills R., 1998*)**

No todas las modificaciones sufridas por las frutas y hortalizas tienen necesariamente que resultar en detrimento de su calidad. Numerosos cambios fisicoquímicos acaecidos poscosecha son esenciales para que los frutos alcancen las características organolépticas

deseables. En general, muchos frutos climatéricos, como el plátano, el mango y el tomate, se cosechan en un estado de madurez incipiente, dejándoseles luego que sigan madurando, separados de la planta. No obstante la preocupación fundamental con respecto a muchos productos hortícolas, como frutos no climatéricos, las hortalizas foliáceas inmaduras y las flores y hojas cortadas es evitar el deterioro de la calidad que poseen en el momento de su recolección. Este deterioro poscosecha de la calidad puede tener lugar por diversas vías que pueden agruparse bajo cuatro epígrafes fundamentales: estrés metabólico, transpiración, lesiones mecánicas y deterioro microbiano, que están con frecuencia interrelacionados.

El estrés metabólico implica un metabolismo “normal” que conduce a la senescencia, o “anómalo” responsable del desarrollo de alteraciones fisiológicas. Ejemplos de metabolismo normal y anómalo son el agotamiento de carbohidratos por la respiración, en las flores cortadas, y la dificultad en la degradación del almidón, inducida en los mangos por el tratamiento térmico.

Las lesiones mecánicas deterioran la calidad visual, principalmente porque las abrasiones, magulladuras, cortes, etc., son antiestéticos y porque aumentan el ritmo metabólico general, debido al intento de cicatrización de la herida. Además, aumenta la transpiración, al estar dañadas las barreras naturales que se oponen a la pérdida de agua. Estas lesiones no son siempre casuales, puede ser consecuencia colateral de tratamientos poscosecha.

Los microorganismos pueden considerarse con frecuencia como un estrés “secundario” dado que su proliferación se ve generalmente facilitada por la lesión mecánica, la transpiración y/o las alteraciones metabólicas, como la senescencia y las alteraciones fisiológicas. Esta relación es especialmente cierta en el caso de los organismos débilmente saprofitos que producen las podredumbres poscosecha, como *Alternaria alternata*. En consecuencia, muchos problemas microbiológicos pueden eliminarse o minimizarse mediante unas “*Buenas Prácticas de Manipulación Poscosecha*”. Las enfermedades poscosecha son producidas fundamentalmente por hongos, aunque también sean patógenos ciertas levaduras y algunas bacterias. El crecimiento de los patógenos puede ser muy rápido y causar grandes pérdidas, si las condiciones ambientales de temperatura, pH y actividad del agua son favorables para su crecimiento.

### 1.2.3 Factores Relacionados con la Manipulación (*Wills R., 1998*)

A continuación se tratan algunos de los factores relacionados con la manipulación que contribuyen de un modo más destacado a la pérdida de calidad de los productos hortícolas.

**a) Recolección:** las lesiones mecánicas durante la recolección y la manipulación subsiguiente pueden provocar defectos y facilitar la invasión de microorganismos patógenos. La situación puede agravarse por inclusión de suciedad procedente del campo de cultivo. Durante el almacenamiento temporal en la propia plantación, el producto puede recalentarse y deteriorarse rápidamente. La comercialización puede verse comprometida, si no se separan los ejemplares poco o excesivamente maduros, de pequeño calibre, de forma defectuosa, con defectos superficiales, etc.

**b) Transporte y manipulación:** la manipulación poco cuidadosa y el transporte por caminos de firme irregular producen lesiones mecánicas. A temperaturas elevadas, el producto se calentará en exceso, especialmente si no se dispone de sistemas de ventilación o refrigeración adecuados. El transporte en remolques abiertos puede provocar daños por calentamiento, debidos a la exposición directa a las radiaciones solares. Bajo estas condiciones, se perderá también mucho agua, especialmente en las hortalizas foliáceas. Un embalaje inadecuado puede facilitar la lesión física, por abrasión o magullamiento, al desplazarse el producto durante el transporte. Los cambios de temperatura pueden llevar consigo la condensación del agua, que facilitará el deterioro y debilitará los envases.

**c) Almacenamiento:** el retraso en la entrada del producto recolectado en los almacenes frigoríficos provoca un rápido descenso de la calidad. Un control inadecuado de las condiciones de almacenamiento, un almacenamiento excesivamente prolongado y unas condiciones ambientales inapropiadas para un determinado producto, conducirán igualmente a la pérdida de calidad. Cuando se almacena conjuntamente distintos productos, el etileno generado por las frutas en maduración causará rápidamente la senescencia de otros productos (ejemplo de las hortalizas foliáceas). El almacenamiento a temperaturas excesivamente bajas, puede inducir alteraciones fisiológicas o incluso la

lesión del frío. Una temperatura y una humedad elevadas pueden estimular el crecimiento superficial e interno de mohos y la actividad de los insectos infestantes.

**d) Comercialización:** La exposición durante períodos largos, en los puestos de venta al por menor, puede causar un grave deterioro de la calidad, debido a una defectuosa organización comercial. Las causas principales de las pérdidas de calidad durante la comercialización son, entre otras, la continuación del desarrollo, las pérdidas de agua (que conduce al marchitamiento), la maduración indeseada y la senescencia debido a que la temperatura y Humedad Relativa son inadecuadas y/o a lesiones mecánicas asociadas a una manipulación poco cuidadosa por los comerciantes o los clientes y el consiguiente desarrollo de enfermedades.

**e) Residuos de tratamientos:** los residuos de pesticidas y de otros productos químicos constituye otro importante factor de deterioro de la calidad. Es frecuente que se apliquen poscosecha tratamientos con insecticidas y herbicidas. El tratamiento con fungicidas se puede realizar pre y poscosecha y esta destinado a evitar las podredumbres.

#### **1.2.4 Pérdidas Poscosecha (CD-ROM Nº 2 de INPhO)**

##### **1.2.4.1 Importancia de las Pérdidas de Poscosecha**

Las frutas y hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecibles porque tienen una tendencia inherente a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades. Las pérdidas poscosecha ocurren en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha, después durante el acopio y distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto. En los países en desarrollo en donde existe una gran deficiencia en la infraestructura de mercadeo, las pérdidas poscosecha de productos frescos varían entre 25 a 50% de la producción. Las mermas de esta magnitud representan una pérdida significativa de alimentos y un considerable daño económico para los comerciantes y especialmente para los productores.

Es posible reemplazar la magnitud de estas pérdidas por un aumento de la producción, pero, al aumentar las pérdidas en forma constante, la producción debe aumentar proporcionalmente mucho más. En efecto, lo que puede pasar es que un aumento de la

producción de origen a un incremento en la proporción de las pérdidas debido a lo inadecuado del manejo y mercadeo del volumen adicional, pero además los precios pueden declinar y las pérdidas económicas para el productor pueden ser aún mayores.

Cuando las pérdidas poscosecha son pequeñas, basta un ligero aumento de la producción mayor que la pérdida poscosecha, para compensar la deficiencia. A medida que el porcentaje de pérdida aumenta, el porcentaje de la producción necesario para compensar la pérdida, aumenta en mayor proporción.

#### **1.2.4.2 Principales Causas de las Pérdidas de Poscosecha**

Existen muchas causas que ocasionan las pérdidas de poscosecha, las causales pueden agruparse como primarias y secundarias.

##### Causas Primarias

- Biológicas y microbiológicas: esencialmente plagas y enfermedades.
- Químicas y bioquímicas: contaminación con pesticidas y productos químicos, oscurecimiento fenólica (especialmente en cultivos de raíces), toxinas y sabores desagradables producidos por enfermedades.
- Mecánicas: heridas, cortes, machucones, abrasiones, caídas, raspaduras y desgarres durante el corte.
- Del medio ambiente físico: sobrecalentamiento, heladas, congelación, deshidratación.
- Fisiológicas: brotación, aparición de raíces, envejecimiento y cambios causados por la respiración y transpiración.

Muchas de estas causas primarias de pérdidas, se interactúan con la respiración y transpiración de los productos frescos. Con frecuencia, la pérdida de poscosecha es el resultado de múltiples causas y de una sucesión de prácticas inadecuadas a lo largo de toda la cadena de mercadeo.



### Causas Secundarias

- Secado o curado inadecuados.
- Infraestructura de almacenamiento y/o administración inadecuada.
- Transporte inadecuado.
- Planificación inadecuada de la producción y de la cosecha.
- Sistema de mercadeo inadecuado.
- Legislación inadecuada o inapropiada.

Como las pérdidas de poscosecha se presentan a lo largo de todo el proceso de mercadeo, todos los que participan en ella deberían preocuparse por conocer su origen y los niveles de pérdidas, con el fin de tratar de remediar la situación (ver anexo A).

Una medida a tomar para superar las pérdidas poscosecha es la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la poscosecha (ver anexo B).

El anexo C presenta un resumen general sobre la Demanda de Hortalizas en El Salvador.

## 2.0 ENVASADO DE PRODUCTOS HORTOFRUTICOLAS

### 2.1 Introducción (Quintero I., 2000)

El principal objetivo del empaque de alimentos es proteger los productos del daño mecánico y de la contaminación química y microbiana y del oxígeno, el vapor de agua y la luz, en algunos casos. El tipo de empaque utilizado para este fin juega un papel importante en la vida del producto, brindando una barrera simple a la influencia de factores, tanto internos como externos.

La vida en estante de los alimentos procesados es también influenciada por la atmósfera que rodea al producto. Para algunos el contenido bajo de oxígeno es benéfico, haciendo mas lento, por ejemplo, el proceso de decoloración de la carne curada y la leche en polvo ; además, previene el sabor rancio de las nueces y otros productos con altos contenidos de grasas. Altos niveles de dióxido de carbono y bajos de oxígeno, pueden ocasionar problemas en productos frescos, conduciendo a un metabolismo anaeróbico y pudriciones rápidas del producto. Sin embargo, en carnes, quesos y otros productos procesados y en algunas frutas y hortalizas, la presencia de dióxido de carbono puede presentar efectos benéficos, eliminando posibles contaminaciones con microbios.

Empacar vegetales y frutas frescas es uno de los pasos más importantes en el recorrido hasta el consumidor. Las bolsas, embalajes, canastas y cajas son recipientes convenientes para manejar, transportar y comerciar con producto fresco. Existen innumerables tipos de empaque y el número continúa creciendo debido a nuevos conceptos y materiales de empaque. Aunque la industria acuerde que la estandarización de dicho empaque es una manera de reducir costo, la tendencia en años recientes nos ha llevado hacia toda una amplia gama de tamaños de paquetes para acomodar las diversas necesidades de mayoristas, consumidores, compradores y operaciones procesadoras.

Los materiales del empaque representan un costo importante para la comercialización e industrialización del producto, por lo tanto es importante que los empacadores, embarcadores, compradores y los consumidores comprendan las opciones que presenta el empaque disponible.

Un porcentaje importante de las quejas del consumidor y comprador pueden deberse al fracaso del empaque (a causa del mal diseño o uso y selección inadecuados). Un empaque adecuadamente diseñado deberá contener, proteger, e identificar el producto, satisfaciendo el mercado

A continuación se presenta un breve resumen de los tipos de empaque utilizados en este trabajo, incluyendo su estructura, propiedades y aplicaciones.

## ***2.2 Bolsas Plásticas (Quintero I., 2000)***

Este tipo de empaque (compuestos por películas de polietileno) es el material predominante para envolver frutas y vegetales y es el empaque empleado en este trabajo, como se presentará más adelante. Aparte de los costos bajos de los materiales, el proceso de empaque se puede automatizar reduciendo aun más los costos de producción. Estos materiales son claros, permitiendo la inspección fácil del contenido y pueden ser impresos con gráficas de alta calidad.

Las películas plásticas se encuentran en una amplia gama de espesores y pueden diseñarse para controlar los gases ambientales adentro del empaque, ya que los productos alimenticios justo después de la cosecha o incluso antes de su muerte, presentan actividad biológica y la atmósfera dentro del empaque (si este es cerrado), cambia constantemente junto con las mezclas de gases y humedad producidas durante los procesos metabólicos.

El tipo de empaque usado también tiene influencia en el ambiente alrededor del producto, ya que algunos plásticos presentan unas propiedades muy pobres al funcionar como barreras, ante los gases y la humedad, por lo cual debemos tener presente que el material de la película debe "respirar" a una velocidad necesaria para mantener la mezcla correcta de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua en el interior de la bolsa.

Muchos frutos producen etileno como parte de su actividad metabólica. Este componente simple orgánico desencadena, en algunos productos su madurez y envejecimiento; esto explica por qué ciertas frutas como el banano y los aguacates maduran rápidamente cuando son almacenados en contenedores, junto con frutos dañados o muy maduros; o que el brócoli se torne amarillo aún cuando se almacene en el refrigerador. Cada producto

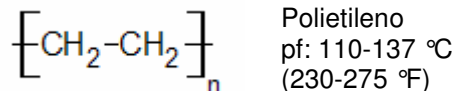
alimenticio tiene su propia composición de gas óptima y el nivel de humedad adecuado que maximiza su vida en el almacenamiento. El empaque dinámico, que interactúa con las atmósferas interna y externa, ofrece ciertas características que lo hace superior cuando se compara con el empaque tradicional en bolsas impermeables, en donde se complica el manejo de gases y especialmente la manipulación del vapor de agua.

### 2.2.1 Polietileno

El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados (William Smith, 1998).

a) Unidad estructural química repetitiva (Textos Científicos, 2007)

Por la polimerización de etileno pueden obtenerse productos con propiedades físicas muy variadas. Estos productos tienen en común la estructura química fundamental  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ , y en general tienen propiedades químicas de un alcano de peso molecular elevado. Este tipo de polímero se creó para usarlo como aislamiento eléctrico, pero después ha encontrado muchas aplicaciones en otros campos, especialmente como película y para envases.



b) Tipos de Polietileno (William Smith, 1998)

En general hay dos tipos de polietileno:

- De baja densidad (PEBD)
- De alta densidad (PEAD).

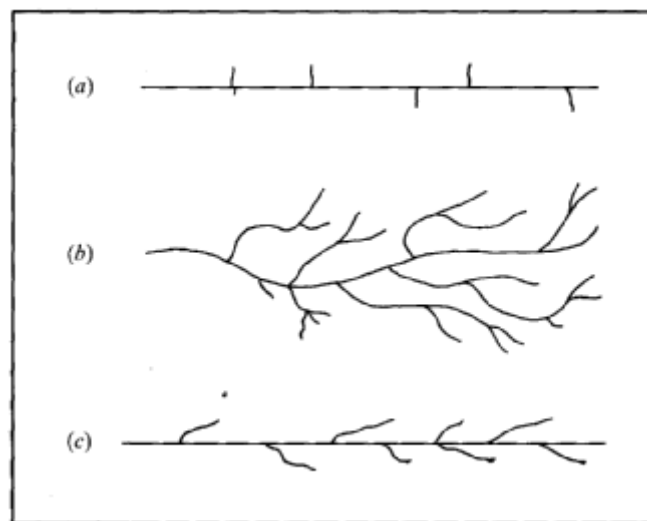
El de baja densidad tiene una estructura de cadena enramada, mientras que el polietileno de alta densidad tiene esencialmente una estructura de cadena recta.

El polietileno de baja densidad fue producido comercialmente por primera vez en el Reino Unido en 1939 mediante reactores autoclave (o tubular) necesitando presiones de 14.500 psi (100 Mpa) y una temperatura de unos 300 °C. El polietileno de alta densidad fue producido comercialmente por primera vez en 1956-1959 mediante los procesos de Philips y Ziegler utilizando un catalizador especial. En estos procesos la presión y temperatura para la reacción de conversión del etileno en polietileno fueron considerablemente más bajas. Por ejemplo, el proceso Philips opera de 100 a 150 °C y 290 a 580 psi (2 a 4 MPa) de presión.

Sobre 1976 se desarrolló un nuevo proceso simplificado a baja presión para la producción de polietileno, el cual utiliza una presión de 100 a 300 psi (0,7 a 2 Mpa) y una temperatura de unos 100 °C. El polietileno producido puede describirse como un polietileno lineal de baja densidad (PELBD) y tiene una estructura de cadena lineal con ramificaciones laterales cortas, inclinadas.

c) Estructura y Propiedades del Polietileno (William Smith, 1998)

En la figura 2.1 se muestran las estructuras en cadena para los polietilenos de baja y alta densidad.



**Figura 2.1- Estructura de la Cadena de Diferentes Tipos de Polietileno: (a) Alta Densidad, (b) Baja Densidad y (c) Baja Densidad Lineal**

El polietileno de baja densidad tiene una cadena ramificada que hace menor su grado de cristalinidad y su densidad. La estructura de cadena ramificada también disminuye la resistencia del polietileno de baja densidad puesto que reduce la fuerza de los enlaces moleculares. El polietileno de alta densidad, en contraste, tiene muy poco enramado en las cadenas principales, y por ello las cadenas pueden empaquetarse más incrementando su cristalinidad y dureza (cuadro 2.1).

**Cuadro 2.1- Algunas Propiedades de los Polietilenos de Baja y Alta Densidad**

PROPIEDAD	PEBD	PELBD	PEAD
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	0,92-0,93	0,992-0,926	0,95-0,96
Resistencia a la tracción x 1000 psi	0,9-2,5	1,8-2,9	2,9-5,4
Elongación, %	550-600	600-800	20-120
Cristalinidad, %	65	.....	95
Rigidez dieléctrica, V/mill	480	.....	480
Máxima temperatura de uso, °C	82-100	480	80-120

d) Usos y aplicaciones del Polietileno (Textos Científicos, 2007)

El polietileno ha encontrado amplia aceptación en virtud de su buena resistencia química, falta de olor, no toxicidad, poca permeabilidad para el vapor de agua, excelentes propiedades eléctricas y ligereza de peso. Se emplea en tuberías, fibras, películas, aislamiento eléctrico, revestimientos, envases, utensilios caseros, aparatos quirúrgicos, juguetes y artículos de fantasía.

Las primeras aplicaciones del polietileno se basaron en sus excelentes propiedades eléctricas, y hasta el año 1945 su uso como aislante en los cables submarinos y otras formas de recubrimiento de conductores absorbió la mayor parte del material fabricado. Recientemente, han adquirido mayor importancia los usos que se basan en su inercia y su resistencia al agua, y hoy se usa el polietileno en grado cada vez mayor para hacer botellas y otros envases, tuberías para agua y película para envolver, usos que consumen más de la mitad del polietileno producido.

**En relación a la película de polietileno**, en un espesor de 0,025-0,250 mm absorbe una proporción elevada de la producción total de polietileno. Su uso se basó originalmente en su combinación de buenas propiedades mecánicas con una baja permeabilidad al vapor de agua, y por ello sirve para empaquetar productos alimenticios, aplicación en la cual su flexibilidad a baja temperatura hace satisfactorio su uso en los refrigeradores. También sirve para la protección de objetos metálicos, equipo eléctrico, piezas grandes de maquinaria y vehículos, para evitar su deterioro a consecuencia de la humedad. Se pueden usar también para empaquetar ciertos productos alimenticios, y en este caso la transparencia, la tenacidad y la resistencia al desgarramiento son las cualidades importantes. La película de PE puede convertirse fácilmente en bolsas en maquinaria automática, uniendo las secciones por medio del calor. Los adhesivos para el PE no dan resultado. La película de PE puede imprimirse satisfactoriamente. La irradiación gamma de la película de PE mejora señaladamente la retención de tinta. Un uso especial interesante de la película de PE es la construcción de globos para las investigaciones a grandes altitudes.

Las principales aplicaciones de los distintos tipos de polietileno pueden resumirse en el siguiente cuadro:

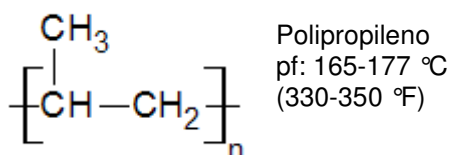
**Cuadro 2.2- Principales Aplicaciones de los Distintos Tipos de Polietileno**

<b>Polietileno de baja densidad</b>	<b>Polietileno de alta densidad</b>
Película termocontraíble	Caños
Envasamiento automático	Envases soplados
Bolsas industriales	Botellas
Film para agro	Bidones
Bolsas de uso general	Contenedores industriales
Cables eléctricos (aislantes)	Cajones
Tuberías para riego	Bolsas de supermercado
Tubos y pomos	Bolsas tejidas

## 2.2.2 Polipropileno (Textos Científicos, 2007)

El polipropileno es un termoplástico semicristalino, que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador estereo específico. El polipropileno tiene múltiples aplicaciones, por lo que es considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor desarrollo en el futuro. Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental. Esta es una característica atractiva frente a materiales alternativos.

a) Unidad estructural química repetitiva



La polimerización catalítica del propileno fue descubierta por el italiano Giulio Natta en 1954 y marcó un notable hito tanto por su interés científico, como por sus importantes aplicaciones en el ámbito industrial. Empleando catalizadores selectivos, se obtuvo un polímero cristalino formado por la alineación ordenada de moléculas de propileno monómero. Los altos rendimientos de reacción permitieron su rápida explotación comercial. Aunque el polipropileno fue dado a conocer a través de patentes y publicaciones en 1954, su desarrollo comercial comenzó en 1957 y fue debido a la empresa italiana Montecatini. Pocos años más tarde, otras empresas, entre ellas I.C.I. y Shell fabricaban también dicha poliolefina.

Este descubrimiento impulsó la investigación de los sistemas catalíticos estereoespecíficos para la polimerización de olefinas y le otorgó a Natta, junto al alemán Karl Ziegler, el premio Nobel de química en 1963.

Hoy en día el polipropileno es uno de los termoplásticos más vendidos en el mundo, con una demanda anual estimada de 40 millones de toneladas. Sus incrementos anuales de consumo han sido próximos al 10% durante las últimas décadas, confirmando su grado de aceptación en los mercados.



La buena acogida que ha tenido ha estado directamente relacionada con su versatilidad, sus buenas propiedades físicas y la competitividad económica de sus procesos de producción. Varios puntos fuertes lo confirman como material idóneo para muchas aplicaciones:

- Baja densidad
- Alta dureza y resistente a la abrasión
- Alta rigidez
- Buena resistencia al calor
- Excelente resistencia química
- Excelente versatilidad

Por la excelente relación entre sus prestaciones y su precio, el polipropileno ha sustituido gradualmente a materiales como el vidrio, los metales o la madera, así como polímeros de amplio uso general (ABS y PVC).

Las principales compañías petroquímicas del mundo producen polipropileno, bien sea por participación directa, o por medio de filiales.

#### b) Estructura del polipropileno

Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo.

El polipropileno fabricado de manera industrial es un polímero lineal, cuya espina dorsal es una cadena de hidrocarburos saturados. Cada dos átomos de carbono de esta cadena principal, se encuentra ramificado un grupo metilo ( $\text{CH}_3$ ). Esto permite distinguir tres formas isómeras del polipropileno (figura 2.2):



- Autopartes
- Baldes, recipientes, botellas
- Muebles
- Juguetes
- Películas para envases de alimentos
- Fibras y filamentos
- Bolsas y bolsones
- Fondo de alfombras
- Pañales, toallas higiénicas, ropa

***En relación a las películas de polipropileno***, estas son largamente empleadas en el embalaje de alimentos y otros artículos. Son fabricadas por extrusión, forzando el pasaje del material fundido a través de una matriz tubular o plana. La película producida de esta forma puede ser orientada posteriormente, obteniéndose una película más resistente.

### **3.0 DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL EMPAQUE QUE MEJOR CONSERVE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA LECHUGA**

#### **3.1 Mecanismo de la Experimentación**

Las muestras utilizadas como materia prima en las pruebas, consisten en lechugas (*Lactuca sativa* L.) acogolladas, variedad Iceberg; las cuales fueron obtenidas en el mercado de mayoreo “La Tiendona”, San Salvador.

Según datos proporcionados por los vendedores de este lugar, las lechugas provienen de Guatemala, y llegan al mercado dentro de cajas de madera transportadas en furgones, los días Lunes y Jueves por la madrugada (sin ningún tipo de empaque primario, ni de control en cuanto a condiciones de temperatura).

##### ***3.1.1 Preparación de las Unidades Experimentales***

a) Preparación de unidades de lechuga: una vez adquiridas las lechugas, se procedió a la separación de sus hojas externas, las cuales presentaban suciedad y daño mecánico. Después de su limpieza, se midió el peso inicial de cada una de ellas y se colocaron en los empaques previamente rotulados. Las muestras para cada prueba se realizaron por duplicado (ver fotografías en Anexo D, Fig. D-3).

b) Empaque plástico utilizado: los empaques a utilizar fueron facilitados por Cajas y Bolsas S.A. y consistían en 2 rollos de películas plásticas de Polipropileno Coextruido Biorientado (PPBO) y Polietileno de Baja Densidad (PEBD); y bolsas de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) (ver fotografías en Anexo D, Fig. D-1). Las especificaciones de dichos materiales se presentan en el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1- Especificaciones del Material de Empaque Utilizado en la Experimentación para Pruebas en Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Variedad Iceberg**

<b>MATERIAL</b>	<b>WTR (gr/m<sup>2</sup>/24 hr)</b>	<b>OTR (cc/m<sup>2</sup>/24 hr)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
PEAD	6.208	3104	0.003
PEBD	10.864	3104	0.005
PPBO	7	1500	0.002

**Ref.: Cajas y Bolsas S.A., 2007**

**WTR:** Tasa de transmisión de vapor de agua (Water Vapor Transmission Rate)

**OTR:** Tasa de transmisión de Oxígeno (Oxygen Transmission Rate)

Las películas en rollo fueron transformadas en bolsas de 30 cm x 30 cm, utilizando para ello la máquina Impulse Foot Scaler, de Mercier Corporation (ver fotografías en Anexo D. Fig. D-2), de las cuales, la mitad fueron perforadas con el objetivo de evaluar el comportamiento de la lechuga tanto en bolsas con orificio como sin orificio.

### **3.1.2 Condiciones de Almacenamiento**

El uso de refrigeración conlleva a una disminución de los diversos procesos fisiológicos de los productos hortícolas cosechados, manteniendo por mayor tiempo el valor nutritivo y comercial del producto.

En el caso particular de la lechuga, la teoría reporta, temperaturas de almacenamiento de 0-5° C y 90-95% de humedad relativa como las condiciones de almacenamiento que tienen un efecto determinante en la reducción de la respiración y transpiración, lo cual garantiza el mantenimiento de la calidad durante tres semanas en lechuga de cabeza y dos semanas en lechuga de hojas (Quintero I., 2000).

Puesto que durante la etapa de comercialización la lechuga suele mantenerse a temperatura ambiente o refrigerada, para el desarrollo de este experimento, las lechugas tanto en empaque como sin empaque, fueron almacenadas a 5° C (refrigeración) y a Temperatura Ambiente.

Según reporte del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), para el mes de mayo (mes de realización del experimento) en promedio, la Temperatura Ambiente osciló en los 24.4° C y la Humedad Relativa alrededor del 80%.

El tiempo de almacenamiento fue de 1 semana para las lechugas a Temperatura Ambiente y de tres semanas para aquellas a 5° C.

### **3.1.3 Resumen de los Parámetros Utilizados para la Experimentación**

El cuadro 3.2, resume los parámetros utilizados para la realización del experimento, teniendo un total de 14 unidades en experimentación por condición de temperatura.

**Cuadro 3.2- Resumen de los Parámetros Utilizados para la Experimentación en Unidades de Lechuga**

<b>TEMPERATURA</b>	<b>TIPOS DE EMPAQUE</b>	<b>Característica del empaque</b>	<b>Unidades en experimentación ( 2 replicas por tipo de empaque)</b>
Ambiental	PEBD	Con orificios	6
	PEAD	Sin orificios	6
	PPBO		2
	Sin empaque	N/A	2
5° C	PEBD	Con orificios	6
	PEAD	Sin orificios	6
	PPBO		2
	Sin Empaque	N/A	2

### **3.2 Desarrollo Experimental**

Se evaluó la pérdida de peso durante el almacenamiento de la lechuga y se realizó un Diseño Bifactorial con réplica para determinar el efecto que tiene el tipo de empaque y la temperatura sobre la duración de la lechuga almacenada (ver fotografías en Anexo D, Fig. de D-4 a D-7).

### 3.2.1 Variación de Peso de la Lechuga Durante el Tiempo de Almacenamiento

Los Cuadros 3.3 y 3.4 presentan los resultados obtenidos de la variación del peso según la Temperatura para lechuga almacenada sin empaque. Los Cuadros 3.5 y 3.6 muestran los resultados para la lechuga almacenada por tipo de empaque con orificios y sin orificios respectivamente a Temperatura Ambiente y los Cuadros 3.7 y 3.8 los resultados para la lechuga almacenada por tipo de empaque con orificios y sin orificios respectivamente a Temperatura de 5° C.

**Cuadro 3.3- Variación de Peso para Lechuga Almacenada sin Empaque a Temperatura Ambiente**

Día	Temperatura Ambiente				
	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ
1	603.0	–	564.0	–	–
2	600.5	2.5	551.7	12.3	7.40
3	571.5	31.5	543.0	21.0	26.25
5	553.3	49.7	531.7	32.3	41.00

**Cuadro 3.4- Variación de Peso para Lechuga Almacenada sin Empaque a Temperatura de 5° C**

Día	5° C				
	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ
1	478.0	–	443.6	–	–
3	433.0	45	393.7	49.9	47.45
5	411.4	66.6	376.2	67.4	67.00
7	388.6	89.4	354.5	89.1	89.25
9	373.4	104.6	337.7	105.9	105.25

\* m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> : peso (en gramos) de las muestras 1 y 2 respectivamente

\* Δ<sub>1</sub> y Δ<sub>2</sub> : variaciones en el peso (en gramos) para las muestras, las cuales han sido calculadas en base al peso inicial

\* Δ: variación en peso (en gramos) promedio.

**Cuadro 3.5- Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque con Orificios a Temperatura Ambiente**

Día	Temperatura Ambiente														
	PEBD					PEAD					PPBO				
	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	M <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ
1	649.5	—	688.3	—	—	604.2	—	716.3	—	—	477.9	—	329.9	—	—
3	643.9	5.6	683.3	5.0	5.30	597.9	6.3	708.6	7.7	7.0	474.2	3.7	329.8	0.1	1.90
5	638.9	10.6	677.5	10.8	10.70	593.2	11.0	703.7	12.6	12.6	469.9	8.0	324.8	5.1	6.55
7	634.6	14.9	673.3	15.0	14.95	588.9	15.3	698.7	17.6	17.6	465.6	12.3	322.4	7.5	9.90

**Cuadro 3.6- Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque sin Orificios a Temperatura Ambiente**

Día	Temperatura Ambiente														
	PEBD					PEAD					PPBO				
	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	M <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ
1	532.3	—	575.4	—	—	468.1	—	476.7	—	—	365.1	—	529.6	—	—
3	531.2	1.1	574.1	1.3	1.2	466.2	1.9	475.1	1.6	1.75	363.1	2.0	527.5	2.1	2.05
5	529.2	3.1	571.7	3.7	3.4	463.7	4.4	472.7	4.0	4.20	361.2	3.9	525.6	4.0	3.95
7	527.5	4.8	570.0	5.4	5.1	461.2	6.9	470.7	6.0	6.45	359.2	5.9	523.3	6.3	6.10

- \* m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> : peso (en gramos) de las muestras 1 y 2 respectivamente
- \* Δ<sub>1</sub> y Δ<sub>2</sub> : variaciones en el peso (en gramos) para las muestras, las cuales han sido calculadas en base al peso inicial
- \* Δ: variación en peso (en gramos) promedio
- \* PEBD: Polietileno de Baja Densidad
- \* PEAD: Polietileno de Alta Densidad
- \* PPBO: Polipropileno Biorientado



**Cuadro 3.7- Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque con Orificios a Temperatura de 5° C**

Día	5° C														
	PEBD					PEAD					PPBO				
	M <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ
1	612.4	–	696.1	–	–	604.3	–	589.9	–	–	518.0	–	493.3	–	–
3	607.7	4.7	691.0	5.1	4.90	598.7	5.6	584.8	5.1	5.35	511.6	6.4	489.3	4.0	5.20
5	605.4	7.0	690.0	6.1	6.55	596.8	7.5	583.7	6.2	6.85	509.9	8.1	488.6	4.7	6.40
7	603.9	8.5	688.9	7.2	7.85	595.5	8.8	581.3	8.6	8.70	507.8	10.2	487.0	6.3	8.25
9	602.2	10.2	686.7	9.4	9.80	593.3	11.0	578.6	11.3	11.15	503.8	14.2	486.5	6.8	10.5
11	601.2	11.2	685.7	10.4	10.80	591.5	12.8	576.8	13.1	12.95	502.8	15.2	485.1	8.2	11.7
13	598.6	13.8	684.2	11.9	12.85	589.7	14.6	574.0	15.9	15.25	500.3	17.7	484.4	8.9	13.3
16	596.6	15.8	682.4	13.7	14.75	587.0	17.3	570.5	19.4	18.35	496.9	21.1	482.3	11.0	16.05
19	595.8	16.6	680.4	15.7	16.15	585.1	19.2	567.2	22.7	20.95	493.0	25.0	480.3	13.0	19.00
22	593.7	18.7	677.4	18.7	18.70	582.2	22.1	563.2	26.7	24.40	489.5	28.5	475.5	17.8	23.15

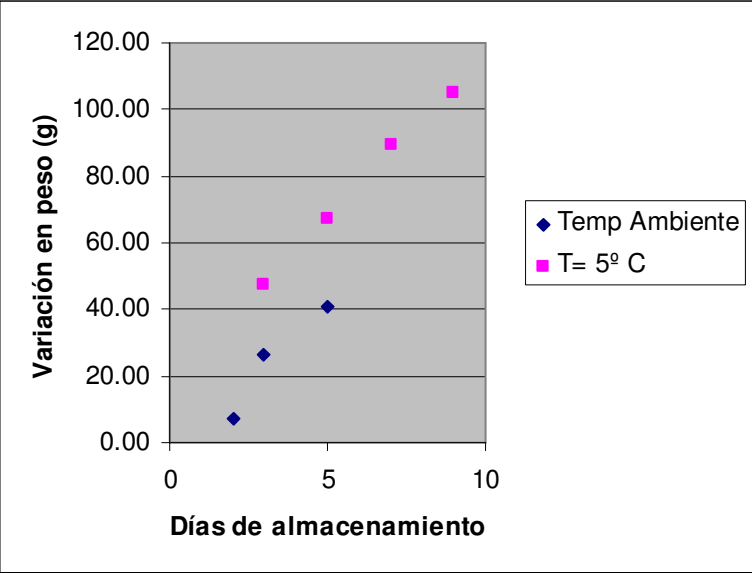
- \* m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> : peso (en gramos) de las muestras 1 y 2 respectivamente
- \* Δ<sub>1</sub> y Δ<sub>2</sub> : variaciones en el peso (en gramos) para las muestras, las cuales han sido calculadas en base al peso inicial
- \* Δ: variación en peso (en gramos) promedio
- \* PEBD: Polietileno de Baja Densidad
- \* PEAD: Polietileno de Alta Densidad
- \* PPBO: Polipropileno Biorientado

**Cuadro 3.8- Variación de Peso para Lechuga Almacenada por Tipo de Empaque sin Orificios a Temperatura de 5° C**

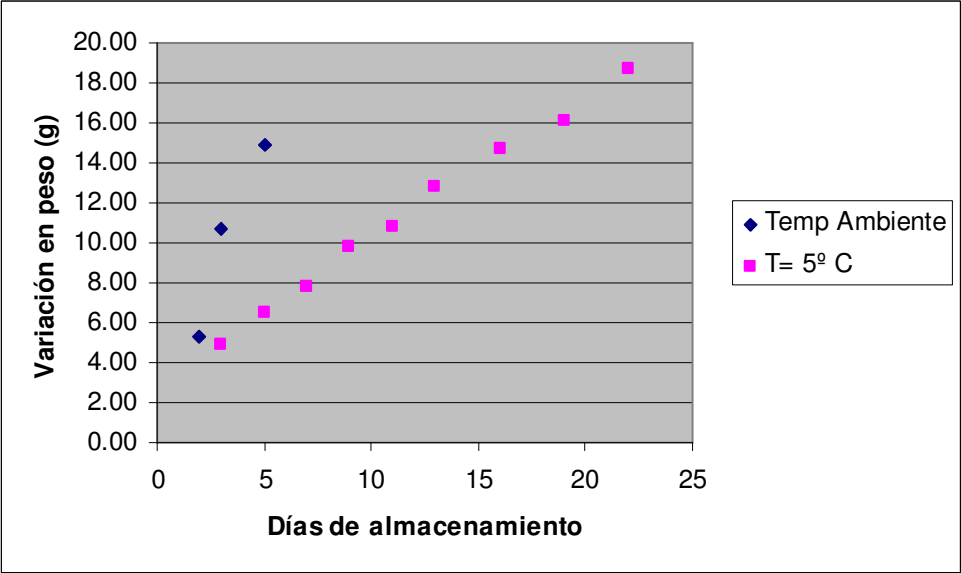
Día	5° C														
	PEBD					PEAD					PPBO				
	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ	m <sub>1</sub> (g)	Δ <sub>1</sub>	m <sub>2</sub> (g)	Δ <sub>2</sub>	Δ
1	618.3	—	714.2	—	—	606.0	—	615.0	—	—	526.2	—	742.9	—	—
3	615.3	3.0	711.0	3.2	3.10	603.2	2.8	611.5	3.5	3.15	523.7	2.5	738.2	4.7	3.60
5	614.3	4.0	709.5	4.7	4.35	602.9	3.1	611.6	3.4	3.25	522.6	3.6	737.4	5.5	4.55
7	613.5	4.8	708.7	5.5	5.15	601.8	4.2	611.0	4.0	4.10	522.2	4.0	735.9	7.0	5.50
9	613.4	4.9	708.5	5.7	5.30	601.4	4.6	610.6	4.4	4.50	521.2	5.0	735.9	7.0	6.00
11	613.7	4.6	708.9	5.3	4.95	601.5	4.5	610.2	4.8	4.65	521.8	4.4	735.4	7.5	5.95
13	613.3	5.0	708.7	5.5	5.25	601.0	5.0	609.8	5.2	5.10	521.5	4.7	735.1	7.8	6.25
16	612.4	5.9	707.4	6.8	6.35	600.5	5.5	609.3	5.7	5.60	521.3	4.9	735.2	7.7	6.30
19	612.9	5.4	707.6	6.6	6.00	599.5	6.5	609.0	6.0	6.25	521.0	5.2	735.5	7.4	6.30
22	612.0	6.3	705.9	8.3	7.30	599.4	6.6	608.4	6.6	6.60	521.0	5.2	733.6	7.3	7.25

- \* m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> : peso (en gramos) de las muestras 1 y 2 respectivamente
- \* Δ<sub>1</sub> y Δ<sub>2</sub> : variaciones en el peso (en gramos) para las muestras, las cuales han sido calculadas en base al peso inicial
- \* Δ: variación en peso (en gramos) promedio
- \* PEBD: Polietileno de Baja Densidad
- \* PEAD: Polietileno de Alta Densidad
- \* PPBO: Polipropileno Biorientado

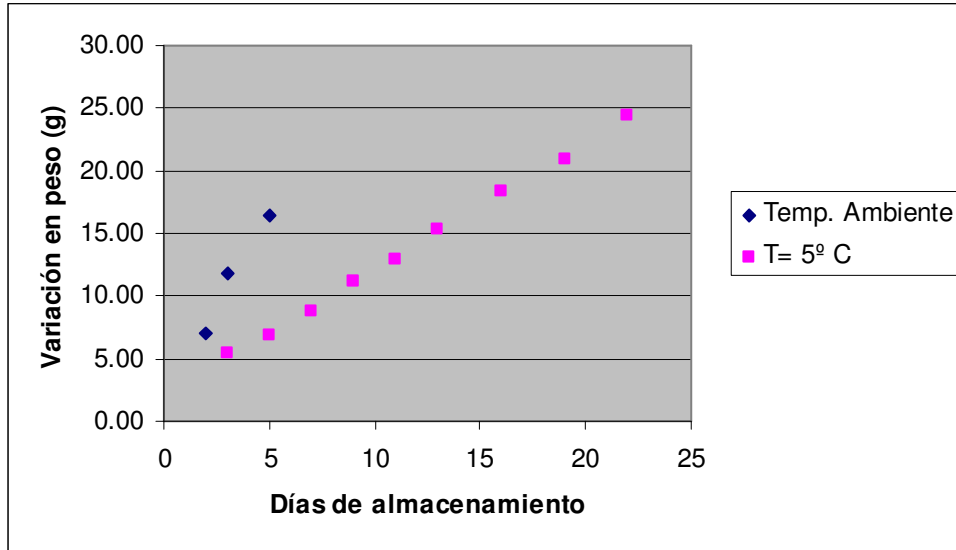
A partir de los Cuadros 3.3 a 3.8 se construyen las gráficas de variación del peso con relación al tiempo de almacenamiento. Los resultados se muestran en las Figuras 3.1 a 3.7.



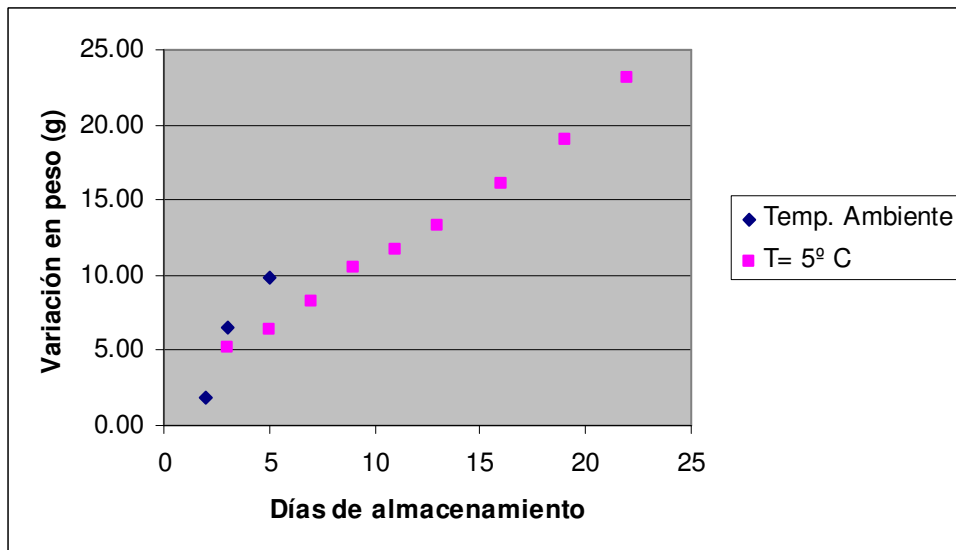
**Figura 3.1- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga sin Empaque**



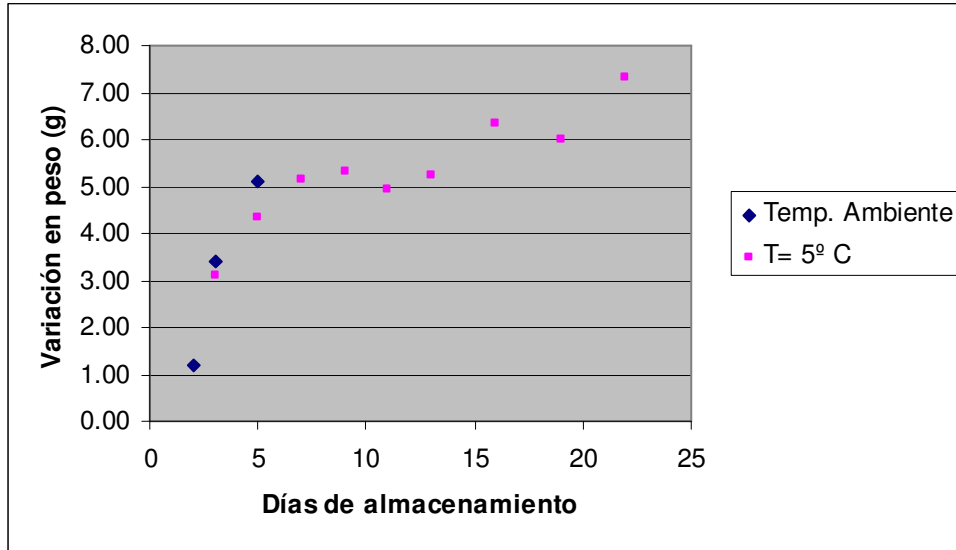
**Figura 3.2- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEBD con Orificios**



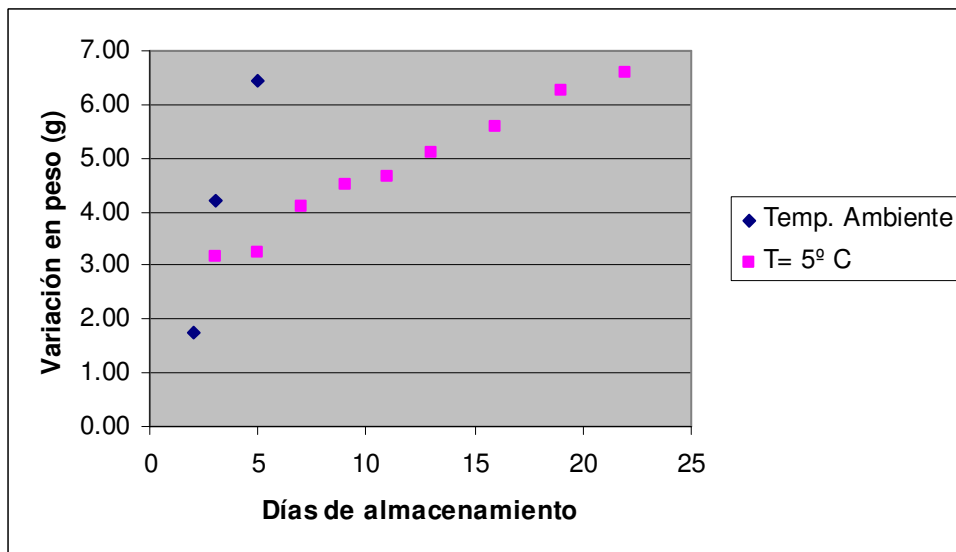
**Figura 3.3- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEAD con Orificios**



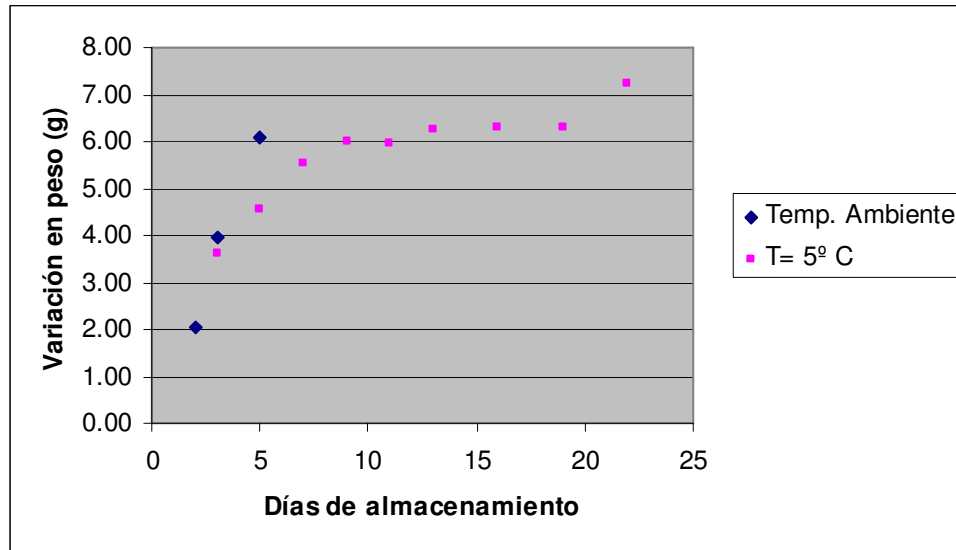
**Figura 3.4- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PPBO con Orificios**



**Figura 3.5- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEBD sin Orificios**



**Figura 3.6- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PEAD sin Orificios**

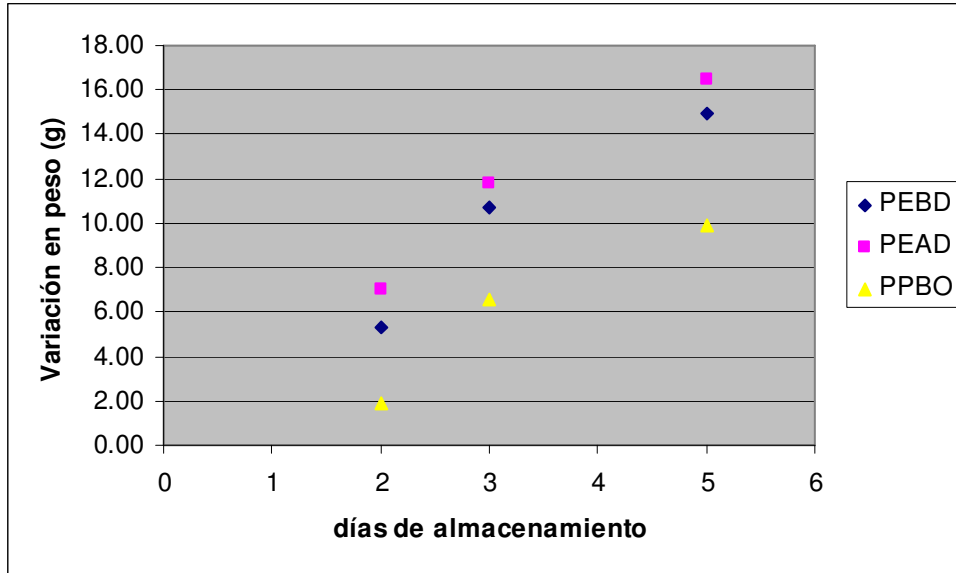


**Figura 3.7- Variación del Peso con el Tiempo: Lechuga en Empaque PPBO sin Orificios**

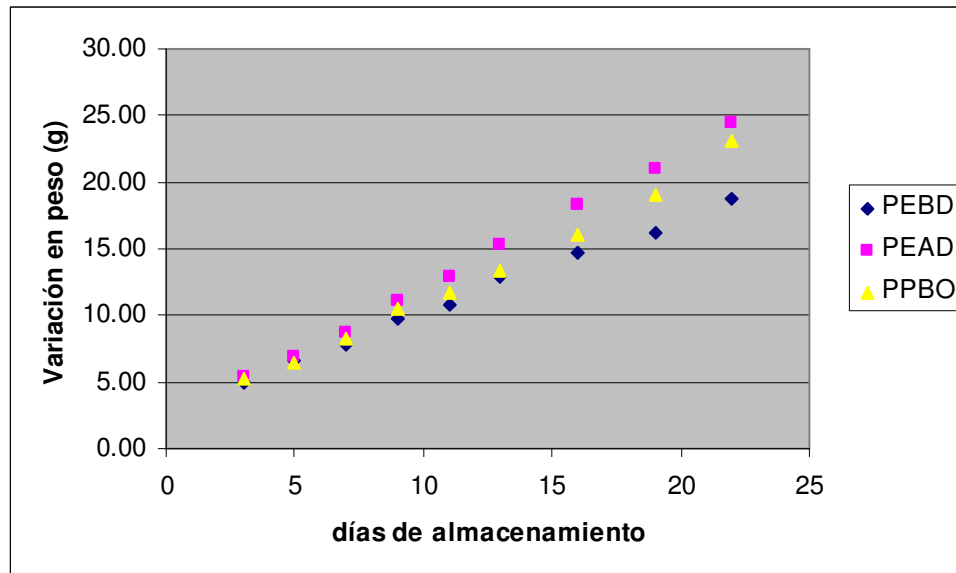
Como puede observarse, la mayoría de las gráficas presentan la misma tendencia: un incremento en la pérdida de peso en relación al peso inicial, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

Una única variación se observa en las Figuras 3.5 y 3.7- Figuras de variación del peso con el tiempo: Lechuga en empaque PEBD y PPBO sin orificios respectivamente - en donde para el día 11 el peso no disminuyó sino que aumentó, continuando con la tendencia de pérdida de peso los días restantes.

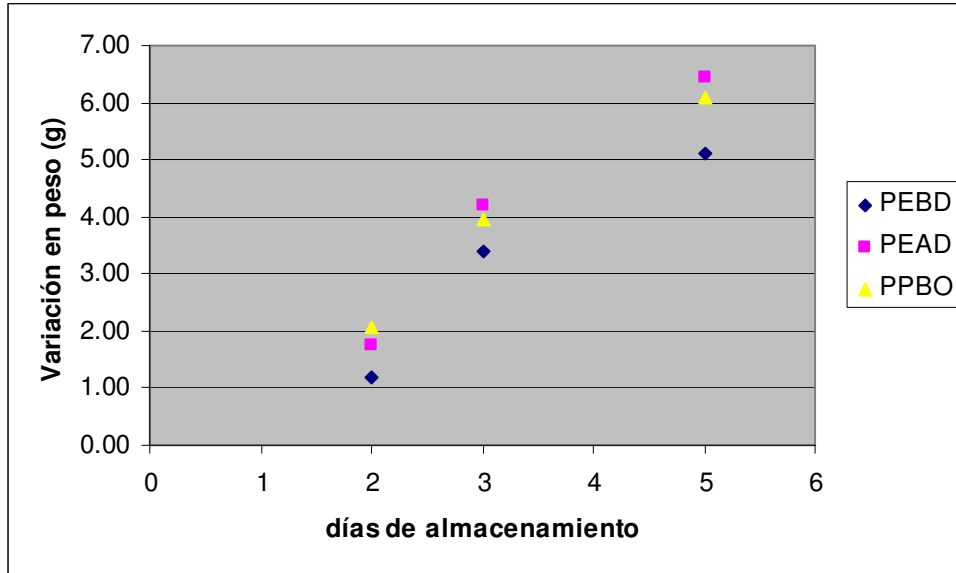
Para poder apreciar mucho mejor la tendencia de las gráficas, éstas se resumen en las Figuras 3.8 y 3.9, para lechuga en los tres tipos de empaque evaluados con orificios a Temperatura Ambiente y a 5º C respectivamente y en las Figuras 3.10 y 3.11, para lechuga en los tres tipos de empaque evaluados sin orificios a las mismas condiciones de temperatura. El análisis estadístico “Diseño Bifactorial con réplica” se presenta en la sección 3.2.2.



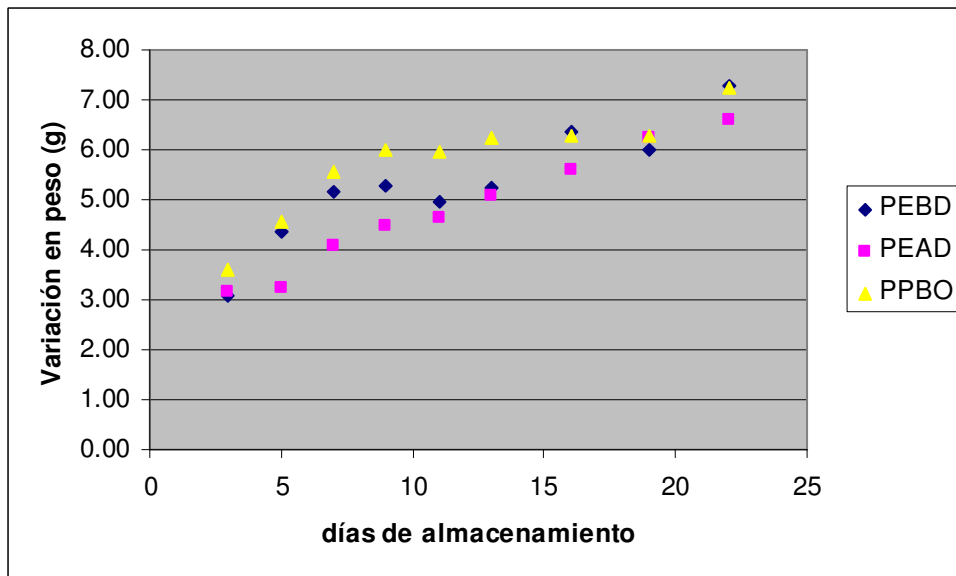
**Figura 3.8- Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados con Orificios a Temperatura Ambiente**



**Figura 3.9- Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados con Orificios a Temperatura de 5° C**



**Figura 3.10- Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados sin Orificios a Temperatura Ambiente**



**Figura 3.11- Variación del Peso con el Tiempo para Lechuga en los Tres Tipos de Empaque Evaluados sin Orificios a Temperatura de 5° C**



### **3.2.2 Diseño Bifactorial con Réplica**

Con el objetivo de determinar el efecto que tiene el tipo de empaque y la temperatura sobre la duración de la lechuga almacenada, se efectuó un Diseño factorial de dos factores (Anexo E).

En la etapa de experimentación se evaluó el comportamiento de las lechugas empacadas, en las condiciones establecidas de temperatura y tipo de empaque.

De estas observaciones realizadas, cada dos días para los primeros 12 días y cada 3 días hasta completar los 21 días de almacenamiento a 5º C, se obtuvo la escala hedónica, la cual ha permitido ver el tiempo máximo de aceptabilidad de la lechuga en el mercado, o la aceptabilidad para la venta y además ha servido de base para establecer y realizar el diseño bifactorial con réplica, lo que permitirá determinar que tanto cada factor de los establecidos se encuentra interrelacionado y contribuyen a la preservación de la lechuga.






El cuadro 3.9 presenta la escala de la calidad visual de las lechugas en el tiempo de almacenamiento.

Los datos de duración (en días) de lechuga almacenada se presentan en el Cuadro 3.10. Los totales de renglón y de columna se indican en los extremos de la tabla.

La codificación utilizada para el tipo de empaque es la siguiente:

- 1: Lechuga sin empaque
- 2: Empaque PEBD sin orificio
- 3: Empaque PEBD con orificio
- 4: Empaque PEAD sin orificio
- 5: Empaque PEAD con orificio
- 6: Empaque PPBO sin orificio
- 7: Empaque PPBO con orificio

**Cuadro 3.9- Escala de la Calidad Visual y al Tacto Usada para la Determinación del Tiempo Máximo de Aceptabilidad de la Lechuga en el Mercado**

Escala	Calidad visual	Descripción	Aspecto visual
5	Excelente, esencialmente libre de defectos.	Aspecto brillante, firme y crujiente al tacto. No manchas por ninguna patología fisiológica.	
4	Buena, defectos menores no objetable.	Posibles manchas cafés, color pálido por daño mecánico, no mayores de 1 cm y en cantidad de 5 por cabeza. Manteniendo las condiciones de firme y turgente al tacto.	
3	Regular, de pequeños a moderados defectos, aceptable para las ventas.	Posibles manchas, con mayor acento en el color café, no mayor de 5 por cabeza. Firme y turgente al tacto.	
2	Malo, demasiados defectos, difícilmente vendible.	Abundantes y extensas manchas cafés, pequeñas manchas negruzcas.	
1	Extremadamente malo, no vendible, excesiva podredumbre presente.	Aumento de manchas negruzcas con ligosidad.	

**Cuadro 3.10- Datos de Duración (en días) de Lechuga Almacenada**

Tipo de Empaque	Días de duración		
	Temperatura Ambiente	T = 5° C	TOTAL
1	6	4	10
2	6	12	18
3	4	13	17
4	5	10	15
5	4	12	16
6	6	18	24
7	4	19	23
<b>TOTAL</b>	35	88	123

Las sumas de cuadrados se calculan a continuación:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} = (6)^2 + (6)^2 + (4)^2 + (5)^2 + \dots + (19)^2 - \frac{(123)^2}{14} = 358.3571$$

$$SS_{empaquetado} = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y^2}{abn} = \frac{(10)^2 + (18)^2 + (17)^2 + \dots + (23)^2}{(2)(1)} - \frac{(123)^2}{14} = 68.8571$$

$$SS_{temperatura} = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j.}^2}{an} - \frac{y^2}{abn} = \frac{(35)^2 + (88)^2}{(7)(1)} - \frac{(123)^2}{14} = 200.6428$$

$$SS_E = SS_T - SS_{empaquetado} - SS_{temperatura} = 358.3571 - 68.8571 - 200.6428 = 88.8571$$

El análisis de varianza aparece en el Cuadro 3.11.

**Cuadro 3.11- Análisis de Varianza para los Datos de Duración de Lechuga Almacenada**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media de cuadrados</b>	<b>F<sub>o</sub></b>	<b>Valor crítico para F</b>
Tipo de empaque	68.8571	6	11.4761	0.7749	4.28
Temperatura	200.6428	1	200.6428	13.5482	5.99
Error	88.8571	6	14.8095		
Total	358.3571	13			

El valor crítico para F (Anexo F) se evalúa para un nivel de significancia de 0.05, es decir con un nivel de confianza del 95%. Se concluye en base al análisis de variancia, que el efecto principal de la Temperatura si es significativo, porque el valor crítico para  $F_{0.05,1,6}$  es de 5.99, esto es menor, comparado con el valor de F experimental ( $F_0 = 13.5482$ ) y el efecto principal del tipo de empaque no es significativo, porque  $F_{0.05,6,6} = 4.28$ , esto es mayor, comparado con el valor de F experimental ( $F_0 = 0.7749$ ).

### ***3.2.3 Análisis Microbiológico de Coliformes para Lechuga Iceberg en Experimentación***

Considerando el tipo de hortaliza que es la lechuga, se procedió a la determinación de Coliformes Fecales y Detección de E. Coli, a una muestra de las obtenidas en el mercado de mayoreo “La Tiendona”, a la cual únicamente se le removieron sus hojas externas, tal y como fueron preparadas para la experimentación. Los análisis se llevaron a cabo en los Laboratorios Especializados en Control de Calidad (LECC), en San Salvador, y los resultados se muestran en el Cuadro 3.12 (ver copia de resultados en Anexo G).

**Cuadro 3.12- Resultado de Análisis Microbiológico de Coliformes para Lechuga Iceberg en Experimentación**

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>METODO Y/O REFERENCIA</b>
Coliformes Fecales	Menor a 3NMP/g	100 UFC/g	Bacteriological Analytical Manual
Detección de E. coli	Ausencia	Ausencia	

**Ref.: Laboratorios Especializados en Control de Calidad (LECC), abril de 2008**

De acuerdo a los resultados anteriores, la lechuga esta cumpliendo con límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994.

Cabe mencionar, que en el trabajo de graduación de Campos D. y Manzano P. (2007), “Evaluación de Métodos de Desinfección, para Hortalizas que se consumen en crudo”, se evaluó la efectividad de métodos químicos y no químicos de desinfección en cuatro tipos de hortalizas: cilantro, rábano, apio y lechuga. Los resultados de los análisis microbiológicos de la primera fase de la investigación arrojaron para la lechuga un % de coliformes totales de 22, % de coliformes fecales de 22, % de E. coli de 22 y % de parásitos de 67.

Evaluando los métodos comerciales de desinfección para el caso de la lechuga se observó que el Hipoclorito de Sodio es el método de desinfección con mayor incidencia para la reducción de la carga de E. Coli.

El método de desinfección recomendado para hortalizas que se consumen en crudo es en el que se aplica un lavado previo a las mismas con una solución de detergente al 5% p/v y posteriormente una solución de Hipoclorito de sodio de 169 ppm, realizando esta dilución de acuerdo a las recomendaciones presentadas en la viñeta del producto (Campos D. y Manzano P., Octubre 2007).

### ***3.2.4 Evaluación de las Propiedades Funcionales de las Películas Utilizadas para el Almacenamiento de la Lechuga***

La industria alimentaria local utiliza diversos materiales para empacar sus productos, los que necesitan cumplir con requisitos para poder mantener alimentos aptos para el consumo. En el caso particular de la lechuga estudiada en este experimento, aún cuando la evaluación experimental arrojó que el tipo de empaque no ejerce un efecto significativo sobre la duración de la lechuga almacenada, es necesario caracterizar las películas utilizadas, en cuanto a sus propiedades mecánicas y de barrera.

La fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, son las dos propiedades mecánicas más comúnmente medidas o determinadas (Anexo H). Para las películas utilizadas en este trabajo, estas dos propiedades fueron realizadas en el Centro para el Desarrollo de la

Industria del Empaque y Embalaje en Centro América y Panamá (CDIECAP) de la Universidad de El Salvador.

Las propiedades tensiles fueron determinadas utilizando el equipo de tracción universal Hung Ta, siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D 882-02, la cual establece una velocidad de mordaza superior de 50 mm/min, con una separación inicial entre mordazas de 50 mm y dimensiones de las muestras a ensayar de 12.7mm de ancho y un largo mayor de 50 mm de tal forma que pudiera ser sujeta por las mordazas. El número de muestras probadas son 5 en cada dirección (dirección de máquina y dirección transversal). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.13.

**Cuadro 3.13- Resultado de Análisis de Propiedades Mecánicas de las Películas Utilizadas en la Experimentación**

Tipo de Película	Fuerza de tensión (kgf/cm <sup>2</sup> )		% de elongación	
	MD	CD	MD	CD
PEAD	2491	2080	315.32	283.19
PEBD	2320	1456	145.38	505.06
PPBO	13024	5600	57.73	20.07

MD: dirección de máquina

CD: dirección transversal

El grado de permeabilidad que presentan las películas para almacenamiento de lechuga en relación al Oxígeno y al Vapor de Agua (principales efectos causados por el ambiente) se muestran en el Cuadro 3.1, dichos valores fueron proporcionados por Cajas y Bolsas S.A. proveedores de los materiales ensayados.

Un resumen del adecuado manejo poscosecha de la lechuga se presenta en el anexo I, Guía Técnica que incluye: generalidades del cultivo, índice de madurez para la corta, cosecha, manejo durante la cosecha, limpieza-lavado-desinfección, empaque y transporte, condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa), efectos del etileno y alteraciones poscosecha (Fisiopatías, daño mecánico y enfermedades).

## OBSERVACIONES

- Según las estadísticas de venta de lechuga de cabeza, a nivel centroamericano, El Salvador, es el país de mayor demanda de esta hortaliza, la cual proviene de Guatemala, principal productor a nivel Centroamericano.
- En el Centro de Mayoreo La Tiendona, en San Salvador, hay una falta de inocuidad en las lechugas y productos frescos en general, presentándose las lechugas de cabeza sumamente sucias, con tierra proveniente de los lugares de cultivo. Debido a esta condición y a daños mecánicos presentados, éstas deben ser limpiadas hasta presentar mejores condiciones, lo que acarrea una pérdida en peso de la lechuga, pues hay que remover varias hojas externas para dejar las lechugas atractivas al consumidor, lo que a veces se hace sin aplicar Buenas Practicas de Manipulación Poscosecha.
- En cuanto al desarrollo experimental, se buscaron las condiciones comúnmente usadas para almacenar, comercializar y preservar las lechugas. Condiciones ambientales y temperaturas de refrigeración de 5º C que habitualmente se puede mantener en un refrigerador casero. Así mismo, los empaques se probaron con orificios y sin orificios, por encontrarse así a la venta en los principales supermercados de este país.
- La duración de la lechuga en parte, depende de sus condiciones iniciales a la hora del empacado. Si presentan daños, ya sea de tipo mecánico (por mala manipulación), fisiopatías y/o enfermedades, las lechugas presentan poco tiempo de duración y tienen que ser comercializadas o consumidas en menor tiempo.

## CONCLUSIONES

- El diseño estadístico (diseño bifactorial con réplicas), estableció que los empaques estudiados (PPBD, PPAD, PPBO) no son determinantes en la preservación de la lechuga, ya que el valor crítico para F (4.28) es mayor comparado el valor F experimental (0.7749); por lo que la principal función del empaque es mantener la cadena de frío, útil para prolongar su vida y ser aceptada por el consumidor. El empaqueo de vegetales y frutas juega principalmente un papel higiénico y en cambio su conservación lo hace de una forma apenas apreciable.
- La temperatura de almacenamiento juega un papel primario ya que las temperaturas bajas (5° C, temperatura experimental) permiten que las reacciones metabólicas disminuyan, siempre y cuando sean protegidas por un empaque cuya tasa de transpiración sea paulatina y no experimente una transferencia acelerada del agua, tal como sucede al dejarlas a 5 °C sin empaque.
- Los análisis microbiológicos de coliformes revelaron que las lechugas adquiridas no contienen carga microbiana, es decir están bajo norma y son adecuadas para el consumo (coliformes fecales menores a 3NMP/g y ausencia de E. coli). Es de hacer notar que las lechugas no se sometieron a ningún tratamiento de desinfección, simplemente se le quitaron la hojas externas sucias.
- La mejor protección de la lechuga son sus hojas, tanto para evitar la pérdida de turgencia desde la cosecha hasta la puesta en el mercado a temperatura ambiente como para evitar la contaminación microbiológica.



## RECOMENDACIONES

- Debido a que en El Salvador hay una deficiencia en cuanto a la investigación y desarrollo de empaque plástico para productos alimenticios, se hace necesario elaborar proyectos en esta área. Al mismo tiempo, debe de existir un vínculo entre la Universidad de El Salvador y las empresas privadas productoras de plástico, de tal forma de que se puedan tener pasantías, acceso a información del estado del empaque plástico, pruebas de control realizadas y necesarias para garantizar la calidad y tener normativas para los empaques plásticos en alimentos.
- En El Salvador las hortalizas constituyen una alternativa rentable para el sector agropecuario, en cuanto muestra tendencias crecientes el consumo. Por lo tanto aprovechar estas oportunidades requiere de medidas urgentes, para impulsar su desarrollo, una de ellas puede ser el adoptar políticas de ayuda a los agricultores de la zona alta de Chalatenango (por tener las mejores condiciones de temperatura para el cultivo) para que logren producir y comercializar lechugas de cabeza a un precio comparable al que se obtiene con las importaciones que se realizan desde Guatemala.
- Paralelo al proceso de producción, es importante que los agricultores adopten Buenas Prácticas de Manipulación, tanto durante el cultivo como en la poscosecha, de tal forma que garanticen la calidad e inocuidad del producto comercializado y se logren reducir las pérdidas del mismo. Así mismo y tal como lo demandan las Buenas Prácticas de Manipulación Poscosecha, es necesario que se mantenga la cadena de frío desde la empacadora hasta la puesta al detalle para el consumidor.
- El empaque mayormente utilizado en el mercado para lechuga es el Polietileno de baja densidad (PEBD), pues permite ver las condiciones en la que se encuentra y presenta buena maleabilidad al no rasgarse o romperse con facilidad, además, su precio es menor (\$17.29/millar) comparado con los otros dos empaques estudiados (PEAD: \$17.98/millar y el precio para el PPBO no se tiene, pues no se produce en el país por su alto costo, según comentario de Industrias Plásticas Salvadoreñas, IPSA), por lo que se recomienda, continuar utilizándolo.

## REFERENCIAS

### Bibliográficas:

1. Aaron B. (1996). "Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío". Editorial ACRIBIA, S.A. 2ª edición, Zaragoza (España).
2. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards 2003. Section eight. Plastics. Volume 8.01. Plastics (I): D256-D2343.
3. Andrade R., (Marzo 2005). "Cultivo de Lechuga (Lactuca sativa)". Boletín técnico Edición No. 1 Año 1, Bolivia.
4. Campos Durán, M. A., Manzano Polio, W. A. (Octubre de 2007). "Evaluación de Métodos de Desinfección para Hortalizas que se consumen en Crudo". Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniera en Alimentos. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Química.
5. CD-ROM Nº 2 de INPhO, (2000). "Red de información sobre operaciones poscosecha". Archivo: Manual para el Mejoramiento del Manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas (Parte I y II).
6. Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua (**MAGFOR**), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (**IICA**) y Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (**JICA**). (Junio 2004). "Estudio de Oportunidades Comerciales de Productos Seleccionados: Mercado de El Salvador".
7. Molina M., Segur A., Molina E., Saz F. y Lara O. (TechnoServe) y Gerardo S. (BMI). (Octubre de 2004). "Situación, tendencias y oportunidades de la cadena de valor de hortalizas en El Salvador". TechnoServe (Soluciones Empresariales para la Pobreza Rural) y BMI (Banco Multisectorial de Inversiones).
8. Montgomery Douglas C. (1991). "Diseño y Análisis de Experimentos". Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V., 1ª edición, México.

9. Wills R., McGlasson B., Gram. D., Joyce D. (1998). "Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales", Editorial ACRIBIA, S.A. 2ª edición, Zaragoza (España).
10. William S. (1998). "Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales". Tercera Edición. McGraw-Hill.

**Internet:**

11. FAO (2008), Boletín de Servicios Agrícolas 151.  
<http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s00.HTM>. "Manual para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas del Campo al Mercado". Fecha de consulta: 2 de junio de 2008.
12. Fundación EROSKI (2007).  
<http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/lechuga/intro.php>. "Hortalizas y Verduras: Lechuga". Fecha de consulta: 21 de agosto de 2007.
13. INFOAGRO (2007).  
PRODUCTOS AGRI-NOVA Science.  
<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>  
"El cultivo de la lechuga". Fecha de consulta: 24 de octubre de 2007.
14. Quintero I., Zambrano J., Cabrita M. y Gil R. (2000).  
[http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/noviembre\\_diciembre2000/ra6005.pdf](http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/noviembre_diciembre2000/ra6005.pdf).  
"Empaque para vegetales y frutas frescas". Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2007.
15. Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria.  
[http://www.sesa.gov.ec/buenas\\_practicas/\(Gu\\_355aBPA31-7-06\).pdf](http://www.sesa.gov.ec/buenas_practicas/(Gu_355aBPA31-7-06).pdf)  
"Guía de Buenas Prácticas Agrícolas". Fecha de consulta: 21 de agosto de 2007.

16. [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/manual\\_apio\\_lechuga\\_indice.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_apio_lechuga_indice.html)  
“Guías Técnicas del Manejo Poscosecha de Apio y Lechuga para el Mercado Fresco”. Fecha de consulta: 2 de junio de 2008.
  
17. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Lechuga.shtml>  
“Lechuga: De Cabeza o Arrepollada (Crisphead o Iceberg). Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha”. Fecha de consulta: 2 de junio de 2008.
  
18. <http://www.textoscientificos.com/polimeros>  
“Polietileno” y “Polipropileno”. “. Fecha de consulta: 21 de agosto de 2007.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

## **PRINCIPALES CAUSAS DE PÉRDIDAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS, FORMA Y MEDIOS PARA SUPERARLAS**

(Ref.: 5)

**Cuadro A-1 Causas y Formas para Eliminar las Pérdidas Poscosecha**

<b>ETAPA</b>	<b>CAUSAS PRINCIPALES DE LAS PERDIDAS</b>	<b>NATURALEZA</b>	<b>MEDIDAS Y FORMAS PARA ELIMINAR LAS PERDIDAS</b>
<b>Cosecha</b>	Tiempo incorrecto - Producto sub- o sobredesarrollado.	R	- Determinación del estado correcto de desarrollo para conservar mejor el valor nutritivo y el sabor. - Recolección selectiva.
	Descuido durante la cosecha		
	- Cosecha sin cuidado	M	- Entrenamiento y supervisión de los trabajadores.
	- Recipientes inadecuados para cosechar	M	- Desarrollar o recomendar mejores recipientes para cosechar.
	Exposición innecesaria a temperaturas altas		
	- Cosechar durante las horas más calurosas.	R	- Cosechar durante las horas más frescas del día.
	- Exposición de los productos al sol	R	- Cubrir los productos con hojas, provisión de techos, enfriar el producto, más frecuente recolección del producto cosechado.
	Transporte de campo descuidado		
	- Conducir sin cuidado	M	- Instrucción y supervisión de los choferes.
	- Vehículos inadecuados	M	- Vehículos más adecuados.
	- Exceso de carga	M	- Determinación de la altura máxima de la carga a granel o de la estiba de recipientes o sacos.

R = reducción de la calidad fisiológica

M = daño mecánico (heridas)

I = infección de frutas y hortalizas sanas

L = pérdidas a causa de métodos o recursos insuficientes para la conservación

**Cuadro A-1 Causas y Formas para Eliminar las Pérdidas Poscosecha**

<b>ETAPA</b>	<b>CAUSAS PRINCIPALES DE LAS PERDIDAS</b>	<b>NATURALEZA</b>	<b>MEDIDAS Y FORMAS PARA ELIMINAR LAS PERDIDAS</b>
<b>Clasificación por calidad/empaque</b>	Falta de estándares de calidad o de requisitos mínimos.	M	- Fijación de requisitos mínimos. - Entrenamiento en clasificación por calidad y control de los productos clasificados.
	Manipulación descuidada.	M	- Instrucción y entrenamiento sobre mejor manipulación. - Desarrollo o introducción de una mejor clasificación por calidad, empaque y métodos de manipulación o equipo.
	Recipientes inadecuados: - muy grandes - ásperos - sin rebordes - no aptos para estibar	M	- Determinación e introducción de tipos más adecuados de recipientes para los diferentes productos.
	Llenado excesivo de los recipientes.	M	- Control de llenado.
<b>Acopio</b>	Lugares de acopio sin preparación adecuada.	R,L	- Preparación del sitio y proveer protección.

R = reducción de la calidad fisiológica

M = daño mecánico (heridas)

I = infección de frutas y hortalizas sanas

L = pérdidas a causa de métodos o recursos insuficientes para la conservación



**Cuadro A-1 Causas y Formas para Eliminar las Pérdidas Poscosecha**

<b>ETAPA</b>	<b>CAUSAS PRINCIPALES DE LAS PERDIDAS</b>	<b>NATURALEZA</b>	<b>MEDIDAS Y FORMAS PARA ELIMINAR LAS PERDIDAS</b>
<b>Carga y descarga</b>	Manipulación descuidada		- Instrucción y supervisión sobre manipulación. - Introducción de equipo que facilite un manejo suave.
	Exceso de carga	M	- Determinación y control de la altura máxima de estiba.
	Estiba deficiente	M	-Estandarización y mejora de los contenedores. - Obligar a los vehículos a tener equipos para asegurar la carga.
	Ventilación inadecuada de las bodegas de almacenamiento, pilas y estibas.	R	- Mejoramiento del edificio.
			- Usar material permeable para cubiertas y para dar sombra.
			- Dejar corredores de aire entre las estibas.
			- Reducir la altura de la estiba.
	Temperaturas de almacenamiento demasiado altas.	R	- Instalar repisas en las bodega.
			- Usar contenedores estibables que permitan la circulación por la parte superior y a través de los muros. Instalar ventilación forzada
	Manipulación descuidada, pilas o estibas demasiado altas.	M	- Hacer mejor uso de las posibilidades de enfriamiento natural.
- Usar el enfriamiento con equipo.			
		- Reducir la altura de la estiba o usar repisas o contenedores más fáciles de estibar.	
		- Usar equipo para el transporte mecánico y el manejo.	

R = reducción de la calidad fisiológica

M = daño mecánico (heridas)

I = infección de frutas y hortalizas sanas

L = pérdidas a causa de métodos o recursos insuficientes para la conservación

**Cuadro A-1 Causas y Formas para Eliminar las Pérdidas Poscosecha**

<b>ETAPA</b>	<b>CAUSAS PRINCIPALES DE LAS PERDIDAS</b>	<b>NATURALEZA</b>	<b>MEDIDAS Y FORMAS PARA ELIMINAR LAS PERDIDAS</b>
<b>Maduración</b>	Falta de uniformidad en la madurez.	R	- Clasificación antes de la madurez comercial de acuerdo a la maduración fisiológica.
	Equipo y métodos de maduración inadecuados.		- Mejor control de la temperatura y composición del aire/gas.
	Manipulación descuidada.	M	- Entrenamiento y supervisión del personal. - Usar contenedores y equipo de transporte mas apropiados. - Usar repisas y contenedores más apropiados para la estiba en la bodega de maduración.
<b>Transporte</b>	Malos caminos, manejo descuidado, vehículos inadecuados.	M	- La prioridad para mejorar los caminos es el transporte de productos perecibles.
			- Concentrar el transporte de frutas y hortalizas en vehículos más apropiados y conducidos en forma más cuidadosa.
			- Introducción de vehículos más apropiados para caminos malos.
			- Evitar los vehículos cargados parcialmente.

R = reducción de la calidad fisiológica

M = daño mecánico (heridas)

I = infección de frutas y hortalizas sanas

L = pérdidas a causa de métodos o recursos insuficientes para la conservación

**Cuadro A-1 Causas y Formas para Eliminar las Pérdidas Poscosecha**

<b>ETAPA</b>	<b>CAUSAS PRINCIPALES DE LAS PERDIDAS</b>	<b>NATURALEZA</b>	<b>MEDIDAS Y FORMAS PARA ELIMINAR LAS PERDIDAS</b>
<b>Comercio Mayorista</b>	Protección insuficiente contra el sol y la lluvia.	R	- Proveer protección suficiente (techar los mercados). - Provisión de frío.
	Manipulación descuidada, espacio insuficiente.	M	- Proveer más espacio expandiendo los mercados. - Instrucción y supervisión del personal.
	Trabajadores irresponsables.	M	- Provisión de equipo para facilitar la manipulación cuidadosa. - Mejor organización del movimiento del producto.
<b>Comercio</b>	Mercados minoristas: protección y espacio insuficiente.	R	- Expansión de mercados minoristas. - Techado de los mercados minoristas. - Exhibición sólo bajo protección.
	Locales de venta: abastecimiento a intervalos muy largos. Protección insuficiente.	R	- Manejo de volúmenes menores para permitir un abastecimiento más frecuente. - Medidas para aumentar la vida de almacenamiento.
<b>Almacenamiento en el hogar</b>	Facilidades de almacenamiento inadecuadas.	R	- Desarrollo e introducción de mejores métodos de almacenamiento.
	Procesamiento insuficiente: - Falta de conocimiento - Falta de equipo		- Desarrollo e introducción de mejores métodos para la conservación y procesamiento. - Desarrollo y provisión de mejor equipo, especialmente los de uso común.

R = reducción de la calidad fisiológica

M = daño mecánico (heridas)

I = infección de frutas y hortalizas sanas

L = pérdidas a causa de métodos o recursos insuficientes para la conservación

# **ANEXO B**

## **BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA POSCOSECHA**

## **B-1 Buenas Prácticas Agrícolas en la Poscosecha (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

Las Buenas Prácticas Agrícolas garantizan que los productores de consumo humano, cumplan los requisitos mínimos de inocuidad de los alimentos, seguridad de los trabajadores, y la rastreabilidad de los alimentos de origen agrícola, así como la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a proteger la salud de los consumidores.

Las medidas encaminadas a reducir el deterioro poscosecha deben, en la mayor parte de los casos, iniciarse precosecha, en la plantación. Por lo que no se puede hablar de tratamiento poscosecha sin tener bien establecido las Buenas Prácticas Agrícolas en la precosecha.

### **B-1.1 Manejo de los productos en Poscosecha (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

Se debe formular un análisis de riesgo del (los) producto(s) que cubra los aspectos de higiene desde la recolección hasta el empaque y embarque con el propósito de prevenir su contaminación.

De acuerdo al análisis de riesgo se debe implementar y documentar un procedimiento de higiene que considere los siguientes aspectos:

- La maquinaria, equipo, recipientes y herramientas de recolección deben ser aseados y mantenidos de acuerdo a un plan de limpieza y desinfección previamente establecido. Los recipientes para la recolección no deben usarse para otros fines;
- Los productos cosechados deberán ser transportados en el menor tiempo posible a las zonas de acopio, procesamiento y/o empaque;
- Los productos recolectados en el campo, deben mantenerse cubiertos durante el transporte desde las unidades de producción agrícola hasta la empacadora y evitar que permanezcan a la intemperie;
- En caso que se utilice hielo en la zona de recolección, este debe proceder de agua potable y ser manipulado bajo condiciones sanitarias;

- Los vehículos para el transporte de producto recolectado desde la finca hasta la empacadora deben ser sometidos a un programa de limpieza y desinfección con el fin de evitar riesgos de contaminación;
- Se debe realizar una inspección visual, con objeto de rechazar los productos y/o lotes, según el caso, que presenten materia extraña, daños por plagas o frutas en mal estado que pongan en peligro sanitario otros productos recibidos en la empacadora;
- El producto seleccionado no debe entrar en contacto con estiércol desechos biológicos o químicos, agua no segura, material de empaque sucio, contaminado, o que haya sido manipulado de manera no higiénica por los/las trabajadores/as; y,
- Si la empacadora recibe producto de diferentes unidades de producción agrícola, ésta deberá exigirles la aplicación y demostración de que se llevan a cabo las Buenas Prácticas Agrícolas.

### **B-1.2 Instalaciones para actividades de Poscosecha (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

Las instalaciones para actividades de poscosecha deben cumplir con las siguientes características:

- Ser diseñadas y construidas de acuerdo al reglamento de buenas prácticas de procesamiento;
- Contar con sistemas de desagüe y eliminación de desechos, construidos de manera que se evite el peligro de contaminación de los alimentos o del abastecimiento de agua potable;
- Estar libres de escombros o basura;
- Ser diseñadas, construidas o adaptadas, para prevenir la entrada de plagas (ejemplo: ventanas con malla mosquitera) así como de contaminantes;
- Contar con techos, paredes, pisos, puertas y ventanas construidos con materiales impermeables no porosos, no tóxicos, de fácil lavado y desinfección;
- El piso deberá ser de un material resistente al tránsito, antideslizante y presentar una pendiente adecuada que facilite el desagüe y limpieza;
- Los sanitarios no deberán tener acceso directo ni comunicación con las zonas donde se manipula el producto;

- Las lámparas deben estar protegidas para evitar que los cristales se dispersen en caso de que se rompan;
- Los sumideros deben estar protegidos para evitar la introducción de plagas;
- El equipo y maquinaria deben estar en buen estado, protegidos y calibrados de acuerdo a las especificaciones del proveedor;
- Las instalaciones deben limpiarse y desinfectarse antes y después de las actividades de trabajo; y,
- Se deben supervisar las condiciones de higiene durante el transcurso de la jornada de trabajo.

### **B-1.3 Procesos en tratamientos Poscosecha (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

#### **a) Lavado**

- Se debe utilizar agua que cumpla con las especificaciones microbiológicas y fisicoquímicas, establecidas en la normativa nacional correspondiente a agua para uso y consumo humano.
- La empacadora debe contar con instalaciones apropiadas para el almacenamiento y distribución del agua usada en el manejo poscosecha.
- El agua de las tinajas de lavado debe cambiarse al iniciar las actividades diarias, así como cuando se determine la acumulación de suciedad y sólidos sedimentables.
- El uso de agua reciclada en los procesos de lavado y enfriado solo debe darse cuando ésta se someta a tratamiento y se asegure la reducción de contaminantes biológicos, químicos y físicos.
- Para el lavado de las frutas y hortalizas es necesario medir y controlar la temperatura, el tiempo de contacto de las frutas y hortalizas con el agua de lavado, así como monitorear la cantidad de cloro o del desinfectante en uso, para asegurar que se mantenga en niveles efectivos. La concentración del desinfectante utilizado deberá comprobarse y anotarse de forma sistemática, para lograr una adecuada desinfección.
- En la medida de lo posible se debe utilizar productos biodegradables para la limpieza y desinfección de los equipos, maquinarias, utensilios, así como de los productos.
- En caso de utilizar cloro como desinfectante, éste deberá mantener una concentración según las especificaciones para cada cultivo.

- Desinfectar la superficie de las frutas y hortalizas con productos registrados y dosis recomendadas por los fabricantes, considerando los factores que pueden afectar la eficiencia del desinfectante como: la temperatura del agua, el pH, la concentración del desinfectante, la concentración de materia orgánica, la periodicidad con que se cambia el agua en la tina de recepción, el volumen de producto a desinfectar y el grado de madurez del mismo.

#### **b) Clasificación**

- Se debe limpiar y desinfectar la zona de clasificación del producto una vez concluidas las actividades diarias.
- En la línea de selección y clasificación, se deben eliminar los productos muy maduros o con presencia de daños mecánicos, daños por mal manejo o por plagas.
- Los/las trabajadores/as deberán utilizar guantes en caso que se requiera, delantales y cubre-pelo durante toda la jornada de trabajo; es importante que al empezar sus actividades, después de ir al baño o al alejarse del área de trabajo se laven y desinfecten las manos.

#### **c) Empacado y embalado**

- Se debe usar cajas, fundas, hojas de papel, envases y bandas plásticas de sellado, nuevas, no tóxicas, que se encuentren en buenas condiciones y cumplan con los requisitos establecidos en la normativa nacional vigente.
- El material de empaque debe estar libre de plagas, ser adecuado para la transportación, refrigeración, almacenaje y estiba.
- El equipo y utensilios empleados en el empaque deberán ser de un material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores.
- Las cajas y palets de madera deberán ser tratados previamente, de conformidad con la normativa nacional e internacional vigente.
- Se debe utilizar estantes y verificar que éstos se laven y desinfecten periódicamente.
- Las áreas de estantería deben contar con dimensiones apropiadas para hacer más eficiente su manejo.



#### **B-1.4 Higiene de equipos y utensilios (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- Se evitará, en la medida de lo posible, el uso de madera y otros materiales que no permitan la limpieza y desinfección adecuada. En caso de que se utilicen dichos materiales, estos deben ser tratados de forma adecuada para asegurar su limpieza y desinfección.
- Se debe lavar, desinfectar y escurrir las herramientas, recipientes, cubetas, cajas y envases antes de ser usados.
- Se debe mantener limpia y en buen estado la vestimenta: botas, guantes, cubre-pelo, cubre-bocas y delantales, inspeccionarlos periódicamente y reemplazarlos cuando el deterioro de los mismos represente un peligro de contaminación.

#### **B-1.5 Preenfriado (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- Si se utiliza hielo para este fin, éste deberá proceder de agua potable, de acuerdo a la norma nacional correspondiente.
- El agua con que se elabora el hielo debe ser analizada, por lo menos cada 180 días. En caso de que el hielo sea comprado se debe exigir al proveedor los resultados que constaten la calidad del agua utilizada para su fabricación.
- Si se utiliza agua en el preenfriado, ésta deberá ser potable.
- El equipo donde se realice el preenfriado debe ser limpiado y desinfectado después de su uso.

#### **B-1.6 Cuarto frío (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- Para la conservación de los productos deben registrarse y mantenerse las temperaturas en los rangos adecuados dentro del cuarto frío.
- No deben guardarse en la misma cámara donde se almacenan vegetales, productos que puedan afectar su duración, calidad o sabor. Además deben tomarse las medidas para evitar la contaminación cruzada por almacenamiento de productos de recepción (materias primas).
- La limpieza y desinfección de los cuartos fríos debe ser periódica.

- Se debe usar sistemas de refrigeración y adecuar las instalaciones para reducir goteo por condensación o descongelación y evitar que este tipo de agua entre en contacto con el producto.
- Se debe evitar que focos, cables o tubos del cuarto frío entren en contacto con el producto almacenado.

#### **B-1.7 Almacenamiento y bodegaje (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- Las bodegas deben disponer de condiciones adecuadas de ventilación, protegidas de la humedad y áreas correctamente señalizadas.
- Deben existir bodegas independientes para los distintos tipos de productos que se manejen en la unidad de producción agrícola, de manera que se reduzcan al máximo y eliminen los riesgos de contaminación.
- El almacenamiento y bodegaje debe realizarse de conformidad con la normativa técnica existente para cada caso.

#### **B-1.8 Transporte (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- Se debe usar equipo de transporte limpio y desinfectado, que no se haya utilizado en actividades que representen un peligro de contaminación microbiológica, química y/o física al producto.
- Los contenedores y el medio de transporte deben estar libres de materias extrañas, sustancias químicas, roturas o aberturas, previo al embarque de productos agrícolas.
- La carga y descarga del producto se debe realizar de tal manera que se minimicen los daños mecánicos y peligros sanitarios.
- Se debe registrar y vigilar la temperatura del interior de los contenedores para asegurarse que ésta se mantiene en un rango apropiado para la conservación del producto.
- Cada embarque debe identificarse con un registro que contenga el nombre del transporte, transportista, nombre del productor y/o empacadora, fecha de embarque, números de lote, variedad y cantidad de producto.

### **B-1.9 Control de plagas y roedores en centros de acopio, empaque y almacén (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- Las inmediaciones de las áreas de la empacadora deben estar libres de desperdicios, basura, maleza, equipo o material en desuso.
- Se debe establecer y aplicar un programa de control de plagas y roedores, con el fin de minimizar el peligro de contaminación.
- Se debe limpiar diariamente el lugar para retirar los restos de producto o cualquier otro material que pudiera atraer plagas y roedores.
- Las instalaciones de la empacadora deben inspeccionarse periódicamente para detectar si hay indicios de plagas y roedores o contaminación por heces fecales de animales.
- En caso de que se contrate el servicio para el control de plagas y roedores, la empresa y los plaguicidas que se apliquen deben estar registrados ante las autoridades competentes y se reportará por escrito la frecuencia de aplicaciones y tipos de plagas detectadas.
- Se deben bloquear los agujeros, desagües, y otros lugares por donde puedan penetrar plagas y roedores.

### **B-1.10 Documentación y registros (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, 2007)**

- El/la encargado/a de la unidad de producción agrícola debe asegurarse de que existan manuales de procedimiento, los cuales deben contener como mínimo: título, alcance y campo de acción, tabla de contenido, introducción, políticas de calidad y objetivos, descripción de los elementos del sistema de producción y/o empaque, procedimientos de los sistemas productivos en campo y/o empaque.
- El/la encargado/a de la unidad de producción agrícola debe realizar un control de las actividades ejecutadas en su sistema de producción a través de registros, los cuales deben contar como mínimo con el nombre de la empresa, fecha, ubicación, lote, cultivo, variedad, superficie, actividad/procedimientos y estar firmados por él/la o los/las responsables de supervisar cada una de las actividades. El contenido de los mismos debe permitir mediante un sistema de rastreabilidad, establecer el origen de cualquier lote del producto.

- Las actividades sugeridas que pueden registrarse son las siguientes:
  - Control de fuentes de agua;
  - Manejo del cultivo;
  - Aplicación de insumos (plaguicidas, fertilizantes, etc.);
  - Capacitación de trabajadores (por grupo de trabajo);
  - Limpieza e higiene de los trabajadores e instalaciones;
  - Limpieza y desinfección de equipos y herramientas;
  - Condiciones de transporte; e,
  - Higiene de letrinas y depósitos de agua.
- Deben conservarse documentos de comprobación como registros y análisis de laboratorio, que puedan acentuar la credibilidad y eficacia del sistema, permitiendo identificar cualquier punto de contaminación en los procesos de producción, selección, empaque, almacenamiento y distribución, y en su caso aplicar las medidas correctivas necesarias.
- Estos registros se conservarán por un periodo mínimo de dos años.

# **ANEXO C**

## **DEMANDA DE HORTALIZAS EN EL SALVADOR**

## **C-1 DEMANDA DE HORTALIZAS EN EL SALVADOR (Mirta M., 2004)**

El presente anexo, presenta un resumen de la investigación realizada por TechnoServe (Soluciones Empresariales para la Pobreza Rural) y el BMI (Banco Multisectorial de Inversiones) sobre “Situación, tendencias y oportunidades de la red de hortalizas en El Salvador”; Octubre de 2004. El objetivo del análisis realizado fue identificar las oportunidades de fortalecer la integración de la red y el valor agregado por los actores locales, con el fin de fomentar el crecimiento y el desarrollo de la economía salvadoreña.

De un total de más de 60 hortalizas frescas que se consumen en El Salvador, el estudio se enfocó en un grupo de seis hortalizas que son las de mayor importancia en términos de producción, importación, comercio, y consumo. Estas fueron:

- Zanahoria
- Tomate
- Chile Verde
- Repollo
- Cebolla
- Papa

### **C-1.1 Introducción**

El Salvador concentra más del 40% de su población en la zona rural, caracterizada por desarrollar actividades agrícolas, entre las que predomina el cultivo de granos básicos, que ocupa una tercera parte de la superficie cultivable y genera márgenes de utilidad del orden del 12.5.% (asocio maíz-fríjol), muy por debajo de la utilidad que genera el rubro de las hortalizas (entre el 18 y 60%).

Las hortalizas son cultivos rentables, pero de alto riesgo. Para el año 2003 ocupaban alrededor del 1.1% de la superficie con potencial agrícola (1.09 millones de manzanas). Un porcentaje poco significativo, a pesar de ser un rubro de alta rentabilidad y generador de empleo.

El consumo de hortalizas en El Salvador representa alrededor del 10.5% del gasto familiar, que se traduce en un consumo aparente de US \$ 87.5 millones. En términos de volumen, para el

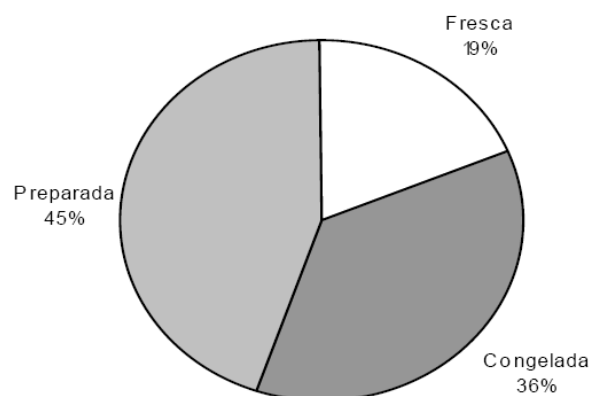
año 2003 el consumo aparente fue de alrededor 412.8 miles de TM, proveniente de 47 productos hortícolas, de los cuales el 48.6% es producción local y el resto proveniente de importaciones que representaron US \$ 190.3 millones.

El conocimiento de la demanda es por ahora el punto de partida para la planificación de la producción, por lo tanto es prioritario estudiar que sucede con ésta tanto en el ámbito nacional como internacional, de aquí lo indispensable de hacer un análisis del comportamiento de los volúmenes, tipo y formas de consumo.

### **C-1.2 Mercado Internacional de Hortalizas**

En el 2003, se exportó un total de US \$1.485 millones de hortalizas frescas, preparadas y congeladas. Hay una tendencia al alza de agregar valor a través del procesamiento de hortalizas, importando hortalizas para procesarlas y re-exportar a otro país. Aunque hay cuatro países que dominan la producción, el mercado exportador es fragmentado ya que ningún país exportador tiene una participación en el mercado arriba de 15%. Durante los últimos diez años la participación en las exportaciones ha sido consistente en su mayor parte, con tendencias de alza. Es preciso resaltar que durante el periodo de 1997-2001 México aumentó sus exportaciones por el orden de 44%, una tasa de crecimiento mucho mayor que los demás países exportadores, que andaban en una tasa de crecimiento abajo del 10%.

En la figura C-1 se puede apreciar que el comercio de hortalizas es dominado por las hortalizas preparadas y congeladas porque facilita la logística de transporte y distribución sin arriesgar la calidad del producto. Muestra además que menos del 20% de las exportaciones fueron de hortalizas frescas.



*Fuente: Los datos de FAOSTAT, 2004,*

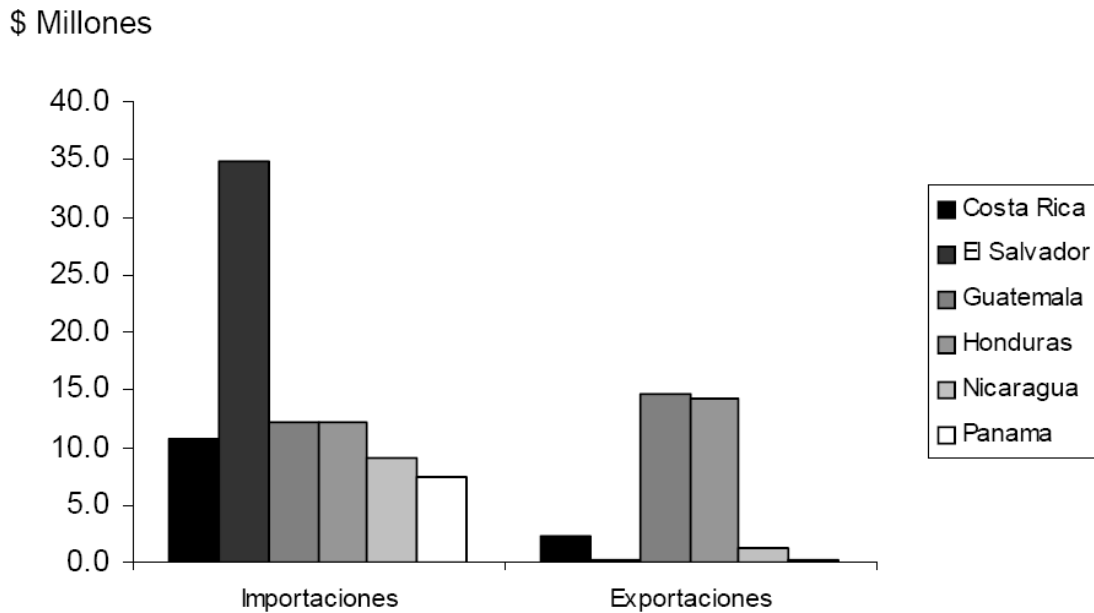
**Figura C-1: Distribución de exportaciones mundiales de hortalizas frescas, congeladas y preparadas, 2002 (%)**

### **C-3 Mercado de Centro América**

De Centroamérica, Guatemala es el país que resalta como principal en producción y exportación de hortalizas. De las hortalizas cultivadas, la papa es la de mayor volumen. Aunque los volúmenes de exportación están aumentando, la región es una importadora neta de hortalizas. Aparte de El Salvador y Nicaragua, hay una tendencia en la región de importar estas hortalizas en forma procesada. Sin embargo, la participación centroamericana es baja en el procesamiento de las hortalizas exportadas.

En la figura C-2 se pueden ver las cifras de comercio de las seis hortalizas estudiadas, se percibe que la región centroamericana es deficitaria en el comercio de estas hortalizas ya que en el 2002 se importó un valor de \$86.3 millones y sólo se exportó \$25.8 millones. Este desequilibrio comercial se debe principalmente al caso de El Salvador, que se destaca como un alto importador de hortalizas porque su producción doméstica es insuficiente para abastecer la demanda interna. Entre los exportadores de estas hortalizas selectas, Guatemala y Honduras registran mayor participación en el valor exportado, mientras los otros no exportan dichas hortalizas o sus niveles de exportación son mínimos.

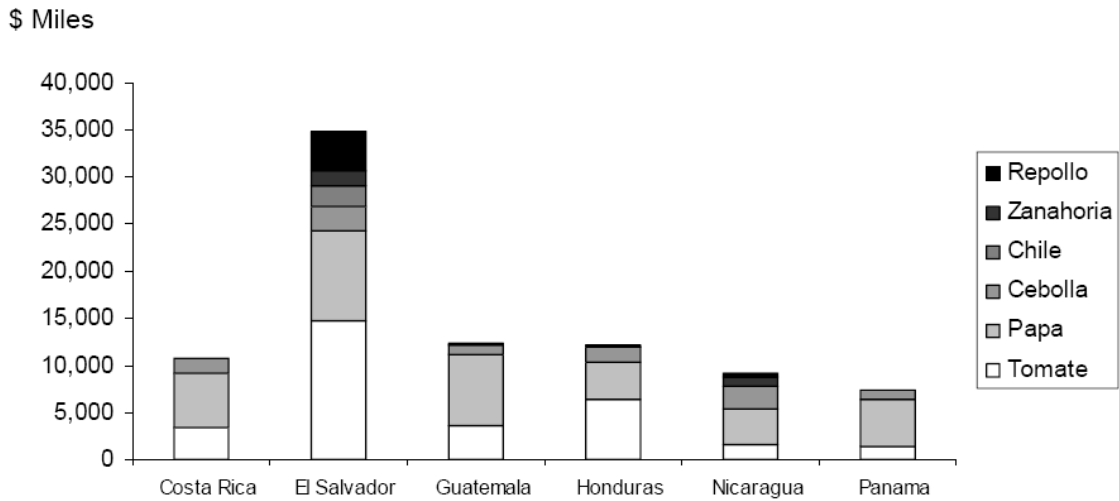




Fuente: Los datos de FAOSTAT, 2004

**Figura C-2: Comercio de hortalizas selectas en Centroamérica, 2002**

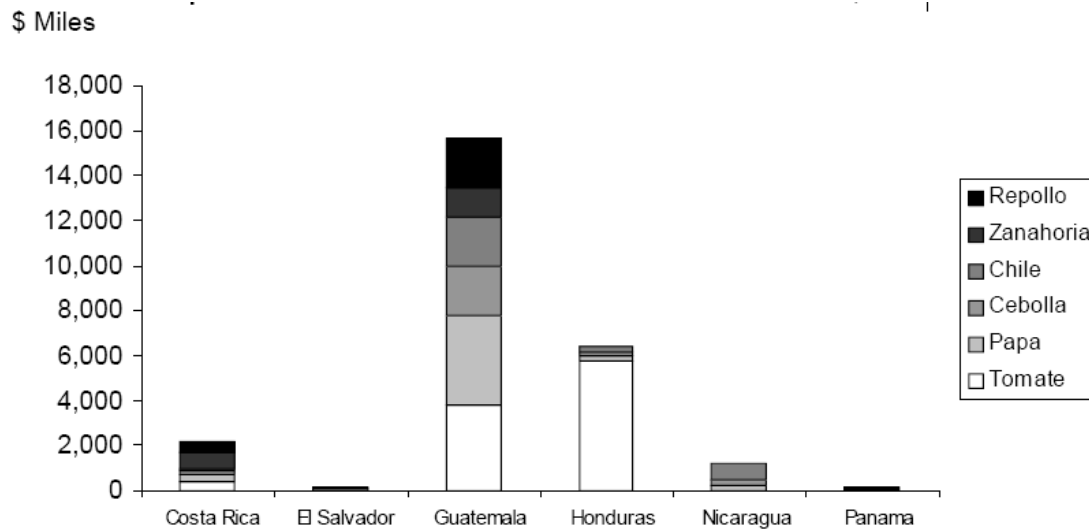
La figura C-3 presenta la composición de las importaciones de estos países, la cual nos indica que la papa y el tomate dominan las importaciones, en su mayor parte en formas procesadas o semiprocadas. Dentro de la región, El Salvador y Nicaragua importan mucho menos volumen de hortalizas procesadas que los demás países. La papa es la hortaliza con mayores niveles de importación, el 54% de las cuales fue en forma congelada. El tomate es la hortaliza de segunda importancia en las importaciones centroamericanas. Igual a la papa, la mayoría de tomate viene en forma procesada, ya que el 81% del volumen de las importaciones de la región eran de “pasta de tomate”. El Salvador es el único país en la región que importa la mayoría (99%) de sus tomates en forma fresca.



Fuente: Los datos de FAOSTAT, 2004

**Figura C-3: Importaciones de hortalizas selectas en Centroamérica, 2002**

Mientras las exportaciones guatemaltecas son distribuidas entre las seis hortalizas de enfoque (figura C-4), las exportaciones hondureñas se concentran completamente en la exportación de tomate. Es preciso notar que la mayoría de exportaciones de hortalizas de la región son en forma no procesada, indicando bajos niveles de desarrollo agroindustrial. Guatemala es el país que logró procesar un mayor porcentaje (46%) de las papas exportadas. En el caso de tomate, menos del 20% de las exportaciones de tomates son en forma procesada.



Fuente: Los datos de FAOSTAT, 2004

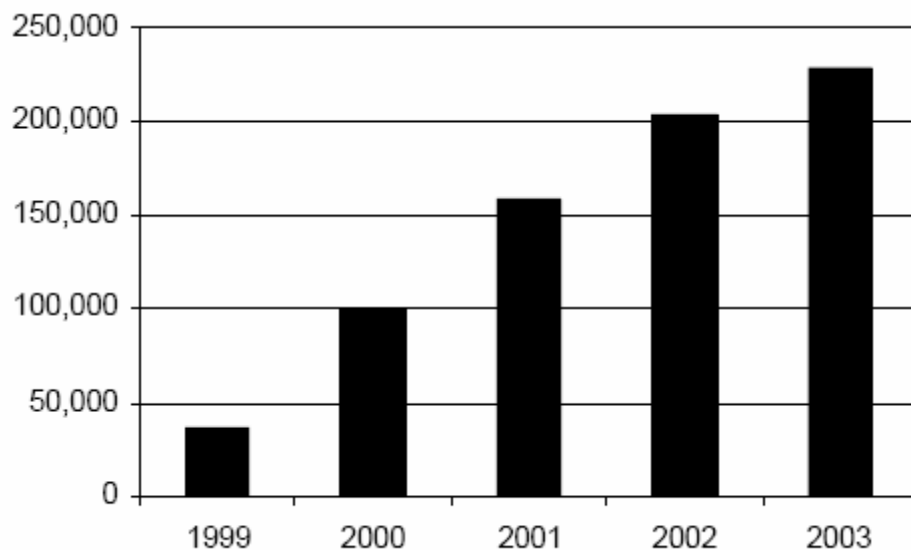
**Figura C-4: Exportaciones de hortalizas selectas en Centroamérica, 2002**

## 2.4 Mercado de El Salvador

El Salvador es altamente deficitario en la producción de hortalizas y la demanda local se abastece, a través de las importaciones. Las exportaciones de hortalizas de El Salvador son mínimas y son limitadas principalmente a las hortalizas étnicas hacia los EEUU.

Un factor que influye la demanda es el poder de compra de los consumidores salvadoreños. El consumo de hortalizas en El Salvador significa alrededor del 10.5% del gasto familiar.

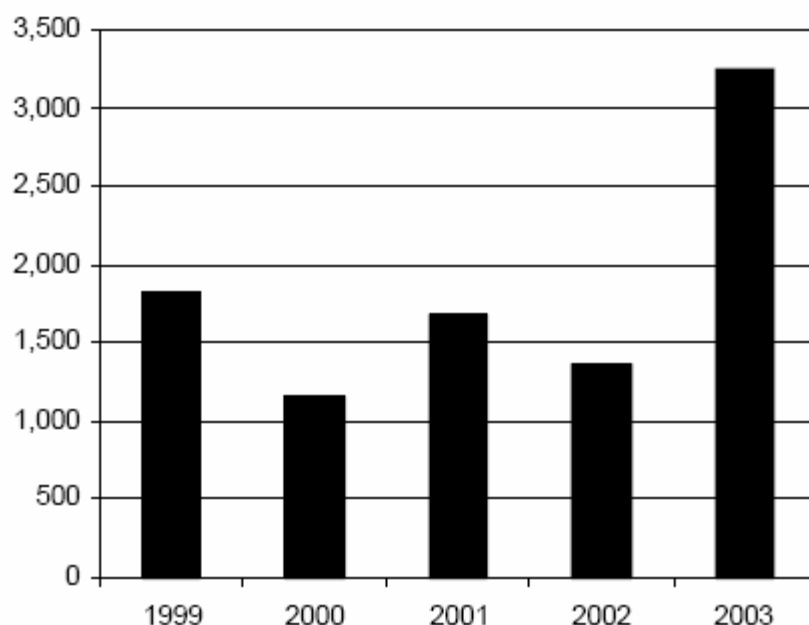
En el año 2003, y tal como se aprecia en la figura C-5, las importaciones de hortalizas experimentaron un crecimiento sostenido en los últimos cinco años con un volumen importado equivalente a 228,622 TM (\$32,601,763). Del total de las importaciones reportadas, el 76% proviene de seis productos principales, estos son: tomate, papa, repollo, cebolla, zanahoria y chile dulce.



Fuente: (DGA)/MAG

**Figura C-5: Comportamiento de las importaciones de hortalizas 1999-2003 (Toneladas Métricas)**

La figura C-6 presenta el comportamiento de las exportaciones, las cuales reportan un volumen de 3,240 TM (\$3,077,042), durante el año 2003; las cuales presentan un comportamiento irregular durante el periodo 1999–2003, experimentando un incremento notable en el último año. El principal producto de exportación lo representa la okra, el cual es un producto étnico en los Estados Unidos. Las exportaciones de este producto representan el 96% del total de las exportaciones durante el último año; la diferencia la constituyen productos étnicos de El Salvador, como loroco y chipilín entre otros.



Fuente: (DGA)/MAG

**Figura C-6: Comportamiento de las exportaciones de Hortalizas 1999-2003 (Toneladas Métricas)**

En El Salvador se consumen alrededor de 47 hortalizas, entre las cuales se incluyen el grupo de hortalizas conocidas como nativas o étnicas, tales como loroco, chufle, chipilín, pito, papelillo y hierba mora. El consumo aparente de las principales hortalizas en el año 2003 (Cuadro C-1) se estima aproximadamente en 412,810 de TM de las cuales el 52% es abastecido por la producción nacional y el resto por importaciones provenientes de Guatemala, México, Honduras, Costa Rica y Nicaragua.

**Cuadro C-1: Consumo aparente de hortalizas frescas de mayor demanda en El Salvador  
2003 (TM)**

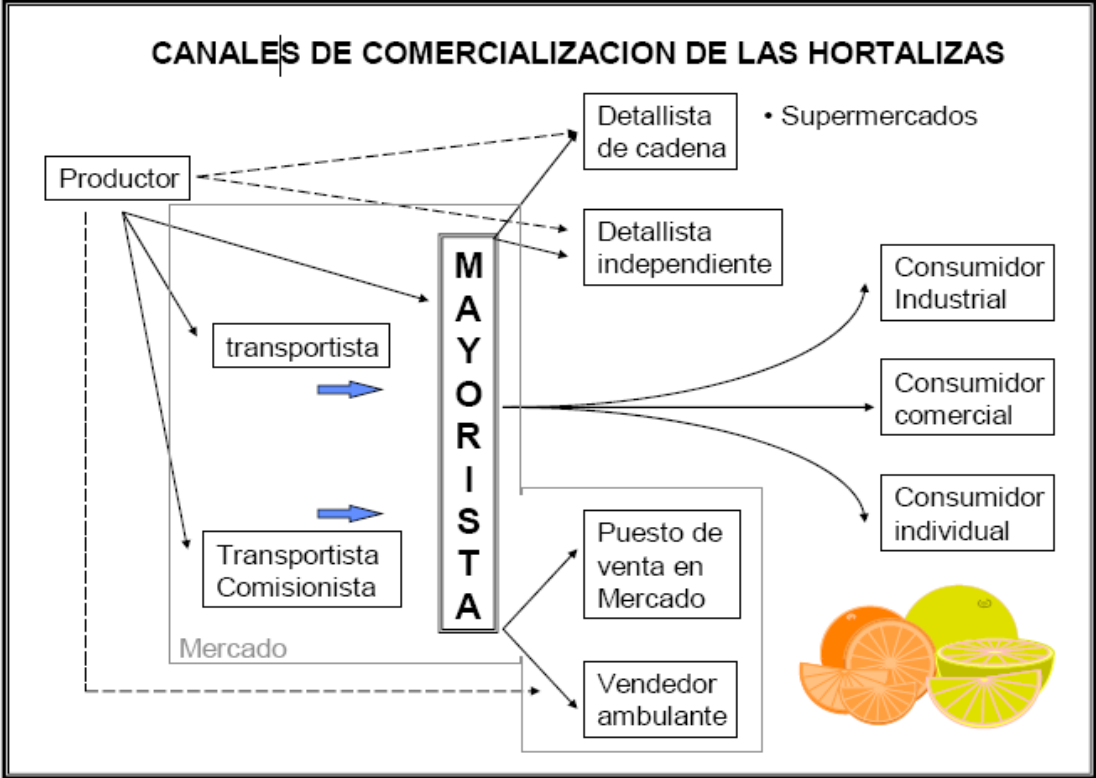
Cultivo	Producción (1)	Importaciones (2)	Exportaciones (3)	Consumo Aparente (4=1+2-3)
Tomate de Pasta	20,400	59,026	0	79,426
Repollo	38,368	33,550	0	71,918
Sandía	31,500	16,063	65	47,498
Papa	344	45,800	0	46,144
Pepino	35,000	589	0	35,589
Yuca	28,500	58	23	28,535
Cebolla	1,725	16,691	0	18,416
Chile Dulce	11,123	4,927	0	16,050
Zanahoria	370	13,804	0	14,174
Elote	12,750	70	8	12,812
Lechuga de Cabeza	200	8,701	0	8,901
Güisquil	5,000	2,324	0	7,324
Brócoli	315	5,574	0	5,889
Pipián	5,635	0	0	5,635
Ejote	3,630	1,722	0	5,352
Coliflor	225	5,105	0	5,330
Rábano	250	1,728	0	1,978
Chile Picante Jalapeño	325	241	0	566
Loroco	463	0	34	429
Jícama	325	0	0	325
Ayote	300	20	0	320
Chile Picante Tabasco	163	7	0	169
Maíz Dulce	30	0	0	30
<b>TOTAL</b>	<b>196,940</b>	<b>216,000</b>	<b>130</b>	<b>412,810</b>

Fuente: DGSVA/MAG (2002)

En términos generales, la distribución se realiza a través del mercado formal e informal (Figura C-7). En el formal (supermercados, mercado institucional y servicios alimenticios) se moviliza alrededor del 15% y dentro del mercado informal (mercados municipales, ambulantes etc.) el 85%.

Cabe destacar que dentro del mercado formal sobresalen los supermercados. Los cuales antes de los terremotos (2001), movilizaban entre el 30 y 40% del mercado de detalle de alimentos a través de 145 tiendas, concentrada en cuatro cadenas (Callejas, La Fragua, Los Europa y Price Smart) y crecieron a una tasa del 14.7%. Después del 2001 la situación ha cambiado a grado tal que según estimaciones realizadas, y entrevistas con la gerencia de compra de hortalizas, las

ventas de estas han disminuido, lo cual coincide con los datos estimados los cuales arrojan una participación promedio del 9% del consumo total, movilizados a través de 108 tiendas concentradas en el mismo número de cadenas de supermercados, con la excepción que el Hiper Paiz (La Fragua) adquirió las tiendas de la cadena La Despensa de Don Juan.



Fuente: IICA, (2004)

Figura C-7: Canales de Comercialización de las Hortalizas

**ANEXO D**

**FOTOGRAFIAS DESARROLLO**

**EXPERIMENTAL**





(a)



(b)



(c)

**Fig. D-1 Películas utilizadas para el almacenamiento de lechuga: (a) PPBO, (b) PEBD, (c) PEAD**



**Fig. D-2 Máquina Impulse Foot Scaler, modelo número ME-30017, serie número: 60090423, de Mercier Corporation utilizada para la elaboración de las bolsas plásticas**



(a)



(b)

**Fig. D-3 Muestras de Lechuga adquiridas en el mercado de mayoreo “La Tiendona” San Salvador: (a) Lechugas empacadas en cajas de madera para su transporte, (b) Deshojado para limpieza externa**



(a)



(b)

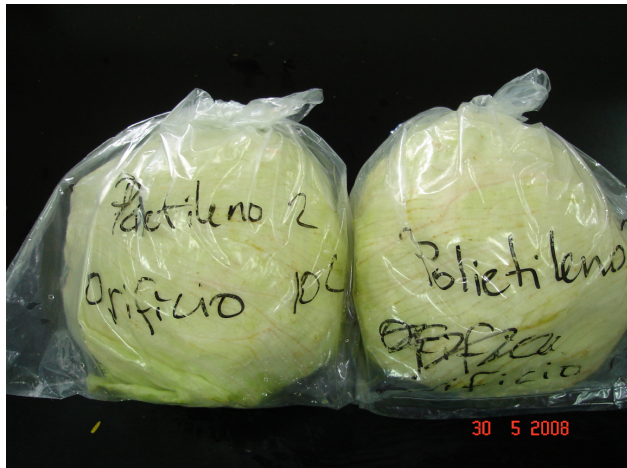
**Fig. D-4 Lechugas Almacenadas: (a) Temperatura Ambiente, (b) T=5° C**



(a<sub>1</sub>)



(a<sub>2</sub>)

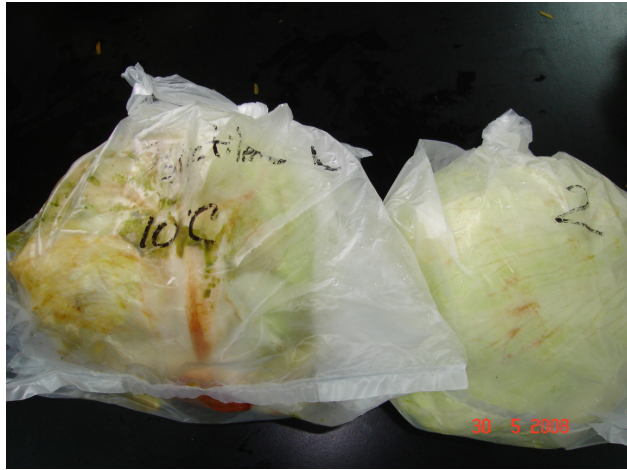


(b<sub>1</sub>)



(b<sub>2</sub>)

**Fig. D-5 Lechugas almacenadas a  $T = 5^{\circ} C$  (día 22). Subíndice 1 posición frontal y subíndice 2 parte posterior: (a) PEBD sin orificio, (b) PEBD con orificio**



(a<sub>1</sub>)



(a<sub>2</sub>)



(b<sub>1</sub>)



(b<sub>2</sub>)

**Fig. D-6 Lechugas almacenadas a  $T = 5^{\circ} C$  (día 22). Subíndice 1 posición frontal y subíndice 2 parte posterior: (a) PEAD sin orificio, (b) PEAD con orificio**



(a<sub>1</sub>)



(a<sub>2</sub>)



(b<sub>1</sub>)



(b<sub>2</sub>)

**Fig. D-7 Lechugas almacenadas a  $T = 5^{\circ}C$  (día 22). Subíndice 1 posición frontal y subíndice 2 parte posterior: (a) PPBO sin orificio, (b) PPBO con orificio**

# **ANEXO E**

## **DISEÑO FACTORIAL DE DOS FACTORES**

## **E-1 Principios y Definiciones básicas**

Muchos experimentos se llevan a cabo para estudiar los efectos producidos por dos o más factores. Puede mostrarse que en general los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos. Por diseño factorial se entiende aquel en el que se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento. Por ejemplo, si existen  $a$  niveles del factor A y  $b$  niveles del factor B, entonces cada réplica del experimento contiene todas la  $ab$  combinaciones de los tratamientos. A menudo, se dice que los factores están cruzados cuando éstos se arreglan en un diseño factorial.

El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producida por un cambio en el nivel del factor. Con frecuencia, este se define como efecto principal porque se refiere a los factores de interés primordial del experimento. Así mismo los factores pueden estar interaccionados o no, debido a que la diferencia entre las respuestas de un nivel a otro pueden variar.

## **E-2 Diseño factorial de dos factores**

Son los tipos más sencillos de diseño factoriales, debido a que solo implican dos factores o conjuntos de tratamientos. Hay  $a$  niveles del factor A y  $b$  niveles del factor B, dispuestos en un diseño factorial; esto es, cada repetición o réplica del experimento contiene todas las combinaciones de tratamiento  $ab$ . En general hay  $n$  repeticiones.

Un diseño de dos factores (bifactorial) se presenta en forma general:

Sea  $y_{ijk}$  la respuesta observada cuando el factor A se encuentra en el  $i$ -ésimo nivel ( $i=1,2,\dots, n$ ). En general los datos se observarán como en la Tabla E-1. El orden en el cual se toman las  $abn$  observaciones es aleatorio, de modo que éste es un diseño completamente aleatorizado.

Las observaciones pueden describirse mediante el modelo estadístico lineal:



$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (\text{ec. 1})$$

En donde  $\mu$  es el efecto medio general,  $\tau_i$  es el efecto del i-ésimo nivel del factor renglón A,  $\beta_j$  es el efecto del j-ésimo nivel del factor columna B,  $(\tau\beta)_{ij}$  es el efecto de la interacción entre  $\tau_i$  y  $\beta_j$  y  $\varepsilon_{ijk}$  es el componente del error aleatorio. Inicialmente se supone que ambos factores son fijos y que los efectos de tratamiento se definen como desviaciones de la media general, por lo tanto  $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$  y  $\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$ . Se supone que los efectos de interacción son fijos y que se definen de manera que  $\sum_{i=1}^a (\tau\beta)_{ij} = 0$ . Hay un total de  $abn$  observaciones porque se realizan  $n$  réplicas.

**Tabla E-1. Disposición general para un diseño bifactorial**

		Factor B			
		1	2	.....	b
Factor A	1	$Y_{111}, Y_{112}, \dots$	$Y_{121}, Y_{122}, \dots$		$Y_{1b1}, Y_{1b2}, \dots$
		$Y_{11n}$	$Y_{12n}$		$Y_{1bn}$
	2	$Y_{211}, Y_{212}, \dots$	$Y_{221}, Y_{222}, \dots$		$Y_{2b1}, Y_{2b2}, \dots$
		$Y_{21n}$	$Y_{22n}$		$Y_{2bn}$
	.				
	.	$Y_{a11}, Y_{a12}, \dots$	$Y_{a21}, Y_{a22}, \dots$		$Y_{ab1}, Y_{ab2}, \dots$
a	$Y_{a1n}$	$Y_{a2n}$		$Y_{abn}$	

En un diseño factorial de dos factores, tanto los factores (o tratamientos) de renglón como de columna tienen la misma importancia. Específicamente el interés consiste en probar hipótesis acerca de la igualdad de los efectos de tratamiento de renglón, es decir,

$$H_o : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1 : \text{al menos una } \tau_i \neq 0$$

Y de igualdad de los efectos de tratamiento de columna

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1 : \text{al menos una } \beta_i \neq 0$$

También es interesante determinar si los tratamientos de renglón y columna interaccionan. En otras palabras, resulta conveniente probar

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{al menos una } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

A continuación, se muestra cómo pueden probarse estas hipótesis usando un análisis de variancia bifactorial o bidireccional (de dos factores o en dos sentidos).

### E-2.1 Análisis Estadístico del Modelo de Efectos fijos

Sea  $y_{i..}$  el total de las observaciones bajo el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $y_{.j.}$  el total de las observaciones bajo el  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $y_{ij}$  el total de las observaciones de la  $ij$ -ésima celda, e  $y_{...}$  el total general de todas las observaciones. Se definen  $\overline{y_{i..}}$ ,  $\overline{y_{.j.}}$ ,  $\overline{y_{ij}}$  y  $\overline{y_{...}}$  como los promedios de renglón, columna, celda y general, respectivamente.

Matemáticamente

$$y_{i..} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \qquad \overline{y_{i..}} = \frac{y_{i..}}{bn} \qquad i = 1, 2, \dots, a$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n y_{ijk} \qquad \overline{y_{.j.}} = \frac{y_{.j.}}{an} \qquad j = 1, 2, \dots, b \qquad \text{(ec.2)}$$

$$y_{ij.} = \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad \bar{y}_{ij.} = \frac{y_{...}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$y_{...} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad \bar{y}_{...} = \frac{y_{...}}{abn}$$

La suma total de cuadrados corregida puede expresarse mediante

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \\ & \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n [ (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...}) + (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.}) ]^2 \\ & = bn \sum_{i=1}^a (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + an \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 \quad (\text{ec. 3}) \\ & + n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 \\ & + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2 \end{aligned}$$

porque los seis productos cruzados del segundo miembro de la ecuación son igual a cero. Se observa que la suma total de cuadrados se ha descompuesto en una suma de cuadrados debida a los renglones o al factor A ( $SS_A$ ), en una suma de cuadrados debida a las columnas o al factor B ( $SS_B$ ), en una suma de cuadrados debida a la interacción entre A y B ( $SS_{AB}$ ), y en una suma de cuadrados debida al error ( $SS_E$ ). Analizando el último término del miembro derecho de la ecuación 3 es posible observar que es necesario tener al menos dos réplicas ( $n \geq 2$ ) para poder obtener la suma de cuadrados del error.

Simbólicamente la ecuación 3 puede expresarse mediante:

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AB} + SS_E \quad (\text{ec. 4})$$

Los grados de libertad asociados a cada suma de cuadrados son:

Efecto	Grados de libertad
A	a-1
B	b-1
Interacción AB	(a-1)(b-1)
Error	ab(n-1)
Total	abn-1

Esta descomposición del total de abn-1 grados de libertad para la suma de cuadrados se puede justificar como sigue: Los efectos principales de A y B tienen a y b niveles, respectivamente, por lo tanto, tienen a-1 y b-1 grados de libertad como se muestra. Los grados de libertad de la interacción simplemente corresponden a los grados de libertad de cada celda (los cuales son iguales a ab-1) menos los grados de libertad de los dos efectos principales A y B; en otras palabras,  $ab-1-(a-1)-(b-1) = (a-1)(b-1)$ . Dentro de cada una de las ab celdas hay n-1 grados de libertad entre las n réplicas, por lo tanto, hay ab(n-1) grados de libertad del error. Se observa que la suma de los grados de libertad de los términos del miembro derecho de la ecuación 4 es igual al total de los grados de libertad.

Cada suma de cuadrados dividida entre sus grados de libertad produce una media de cuadrados. Los valores esperados de las medias de cuadrados son:

$$E(MS_A) = E\left(\frac{SS_A}{a-1}\right) = \sigma^2 + \frac{bn \sum_{i=1}^a \tau_i^2}{a-1}$$

$$E(MS_B) = E\left(\frac{SS_B}{b-1}\right) = \sigma^2 + \frac{an \sum_{j=1}^b \beta_j^2}{b-1}$$

$$E(MS_{AB}) = E\left(\frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}\right) = \sigma^2 + \frac{n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\tau\beta)_{ij}^2}{(a-1)(b-1)}$$

$$E(MS_E) = E\left(\frac{SS_E}{ab(n-1)}\right) = \sigma^2$$

Hay que notar, que si las hipótesis nulas, las cuales consisten en proponer que no hay efectos de tratamiento de renglón, columna e interacción, son verdaderas, entonces  $MS_A$ ,  $MS_B$ ,  $MS_{AB}$  y  $MS_E$  son estimadores de  $\sigma^2$ . Sin embargo, si por ejemplo existen diferencias entre los tratamientos de renglón, entonces  $MS_A$  será mayor que  $MS_E$ . En forma similar, si hay efectos de tratamiento de columna o interacción, las medias de cuadrados correspondientes serán mayores que  $MS_E$ . Por lo tanto, para probar el significado de ambos efectos principales, así como de su interacción, simplemente deben dividirse las medias de cuadrados correspondientes entre la media de cuadrados del error. Valores grandes de estas razones implican que los datos no concuerdan con las hipótesis nulas.

Si se considera que el modelo (ecuación 1) es adecuado y que los términos del error  $\varepsilon_{ijk}$  son independientes con distribuciones normales con variancia constante  $\sigma^2$ , entonces las razones de las medias de cuadrados  $MS_A/MS_E$ ,  $MS_B/MS_E$ , y  $MS_{AB}/MS_E$  tienen distribución F con  $a-1$ ,  $b-1$  y  $(a-1)(b-1)$  grados de libertad en el numerador, respectivamente, y  $ab(n-1)$  grados de libertad en el denominador. Las regiones críticas corresponden al extremo superior de la distribución F. Usualmente la prueba se presenta en una tabla de análisis de variancia como la que aparece en la Tabla E-2.

Es posible obtener las fórmulas para calcular las sumas de cuadrados de la ecuación 3. La suma total de cuadrados se calcula en forma usual mediante:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} \quad (\text{ec. 5})$$

La suma de cuadrados para los efectos principales son:

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y^2}{abn} \quad (\text{ec. 6})$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (\text{ec. 7})$$

Es conveniente obtener  $SS_{AB}$  en dos etapas. Primero se calcula la suma de cuadrados entre los totales de la ab celdas, conocidas como la suma de cuadrados debido a los subtotales.

$$SS_{\text{subtotales}} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

**Tabla E-2. Tabla de variancia para el modelo bifactorial de efectos fijos**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media de cuadrados</b>	<b>F<sub>0</sub></b>
Tratamiento A	$SS_A$	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
Tratamiento B	$SS_B$	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interacción	$SS_{AB}$	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	$SS_E$	$ab(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	$SS_T$	$abn - 1$		

Esta suma de cuadrados contiene a la  $SS_A$  y  $SS_B$ . Por lo tanto, la segunda etapa consiste en calcular  $SS_{AB}$  mediante:

$$SS_{AB} = SS_{\text{subtotales}} - SS_A - SS_B \quad (\text{ec. 8})$$

La  $SS_E$  se calcula por diferencia:

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B \quad (\text{ec.9})$$

O bien:  $SS_E = SS_T - SS_{\text{subtotales}}$

# **ANEXO F**

## **PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCIÓN F**

IV. Puntos porcentuales de la distribución F (continuación)

$\nu_1$	$\nu_2$	Grados de libertad para el numerador ( $\nu_1$ )																				$\infty$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120			
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3			
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50			
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53			
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63			
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36			
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67			
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23			
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93			
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71			
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54			
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40			
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30			
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21			
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13			
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07			
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01			
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96			
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92			
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88			
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84			
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81			
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78			
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76			
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73			
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71			
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69			
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67			
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65			
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64			
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62			
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51			
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39			
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.44	1.38	1.29			
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.26	1.17			

Grados de libertad para el denominador ( $\nu_2$ )



**ANEXO G**

**INFORME DE ANÁLISIS**

**MICROBIOLÓGICO DE COLIFORMES**

**PARA LECHUGA ICEBERG EN**

**EXPERIMENTACIÓN**



## Laboratorios Especializados en Control de Calidad ESEBESA S.A. DE C.V.

Inscripción en C.S.S.P. No. 357.  
Calle San Antonio Abad No. 1965, San Salvador, El Salvador. C.A.  
Telefax: (503)2226-5223 • 2226-7042 • 2235-4836 • www.lecc.com.sv • e-mail: info@lecc.com.sv

### INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE DE LA MUESTRA:	LECHUGA ICEBERG	CONTROL:	42,617
FORMA FARMACÉUTICA:	Alimento	F. FAB.:	N/A
PROCEDENCIA:	HAYDEE MUNGUÍA	LOTE:	N/A
REFERENCIA:	Bacteriological Analytical Manual	VENCE:	N/A
DESCRIPCIÓN:	Hortaliza de color y apariencia normal.	F. ANÁLISIS:	28/04/08
		F. EMISIÓN:	08/05/08

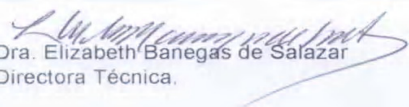
### RESULTADOS

DETERMINACIÓN	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO Y/O REFERENCIA
Coliformes Fecales	Menor a 3 NMP/g	100 UFC/g	Bacteriological Analytical Manual
Detección de E. coli	Ausencia	Ausencia	

OBSERVACIONES: El informe corresponde a la muestra remitida y ensayada

Limites de la Norma Oficial Mexicana NOM - 093 - SSA1 - 1994

Pág. 1 de 1

  
Dra. Elizabeth Banegas de Salazar  
Directora Técnica.

Dra. ELIZABETH BANEGAS DE SALAZAR  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
Imp. J. V. P. O. F. No. 427

REPÚBLICA DE EL SALVADOR  
C. S. S. P.  
LABORATORIOS ESPECIALIZADOS EN  
CONTROL DE CALIDAD  
No. de Inscripción 357  
Prop. ESEBESA, S.A. DE C.V.  
San Salvador, Depto. San Salvador

# **ANEXO H**

## **EL EMPAQUE Y SU RESISTENCIA FÍSICA**

## **H-1 INTRODUCCION**

El propósito del envasado consiste en proteger al producto de cualquier tipo de deterioro, bien sea de naturaleza química, microbiológica, biológica o física. Dos de los mayores problemas en el envasado de productos con destino a países tropicales y subtropicales son la temperatura y la humedad relativa elevadas. Tales condiciones estimulan todas las reacciones químicas y el crecimiento de microorganismos e insectos.

El empaque, una parte integral de los procesos alimenticios, lleva a cabo dos funciones en la industria alimentaria: primera, proteger la vida de anaquel de los alimentos hasta un grado predeterminado, y segunda, atraer la atención de los consumidores en los sitios de venta.

Por lo general, las principales causas del deterioro de los alimentos durante el transporte, la distribución y el almacenamiento incluyen las siguientes:

1. Fuerzas mecánicas como impacto, vibración, compresión o abrasión.
2. Factores ambientales como luz ultravioleta, humedad, oxígeno y temperatura capaces de originar cambios físicos o químicos.
3. Contaminación de los alimentos después del procesamiento por microorganismos, insectos o suelos.
4. Robo por extracción, mal manejo o adulteración.
5. Paso de compuestos tóxicos del envase al alimento.

Para la mayor parte de alimentos frescos, el factor mas importante es la disponibilidad de almacenes frigoríficos.

## **H-2 Conceptos de Propiedades mecánicas y Permeabilidad**

Los alimentos tienen distintos comportamientos dependiendo de la naturaleza del ambiente donde se conservan, por lo que se han desarrollado diversos tipos de pruebas para medir y verificar la estabilidad del mismo.

Entre las propiedades de mayor importancia para la industria alimenticia se encuentran las propiedades mecánicas, tales como la resistencia a la ruptura, resistencia al impacto y los coeficientes de fricción de los materiales usados como empaques. El segundo tipo de

propiedades a ser analizadas son las propiedades de barrera, centrándonos en la permeabilidad al vapor de agua, como varía con la temperatura y como afecta la vida útil del producto empacado. La metodología de los ensayos se basa en las normas ASTM para la medición de las propiedades en cuestión.

## H-2.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de las películas alimenticias tienen un impacto en la flexibilidad y estabilidad a cambios de temperatura, físicos y ambientales.

Los empaques y envases deben soportar los esfuerzos mecánicos a que van a verse sometidos durante las operaciones de llenado, almacenamiento, transporte, distribución y consumo. Por lo tanto, los materiales que los constituyen deben ser lo suficiente indeformables, presentar adecuadas resistencias a la rotura, al desgarro y apropiada elasticidad y solidez (Guzmán Vanegas, 2003).

Se debe seleccionar una adecuada resistencia, en términos generales, ya que si esta es excesiva, particularmente al rasgado, se dificulta la apertura y es necesario entonces el empleo de precintas, llaves u otros mecanismos que la faciliten. Adicionalmente los materiales deben ofrecer estabilidad a los cambios específicos de temperatura y resistencia a las radiaciones ultravioletas cuando se vean expuestos a la acción de estas formas de energía (Guzmán Vanegas, 2003).

### a) Resistencia a Rasgadura

Las rasgaduras pueden ser causadas por diferentes motivos durante el proceso de empacado o de manejo, en ningún caso se desea que el empaque se rasgue antes de llegar al consumidor, por lo que esta característica se relaciona también con la vida de estante, las condiciones de almacenamiento y el uso (facilidad o dificultad para abrir) (Castillo, 2000).

### b) Resistencia a la tensión y elongación

La fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, son las dos propiedades mecánicas más comúnmente medidas o determinadas. La fuerza tensil expresa el estrés máximo desarrollado en una película al someterse a una prueba de tensión, este factor tiene que ver con la maquinabilidad, ya que el empaque debe ser lo suficiente versátil como para resistir el proceso de empacado sin sufrir deformación ni debilitamiento en sus

características de protección. El valor de elongación representa la habilidad de estirarse, que al igual que el anterior, es necesario verificar que si en el proceso se requiere estirar el empaque (Castillo, 2000).

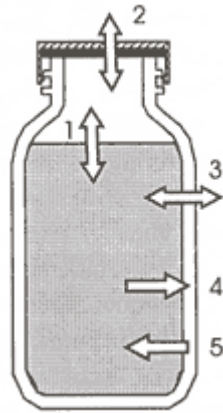
#### c) Resistencia al estallido

Este factor se asocia al manipuleo del empaque, tienen que estudiarse las condiciones a que estará sometido desde el proceso de empaque hasta el consumidor final para que producto no sufra daños por estallido del empaque (Castillo, 2000). La resistencia al estallido es una prueba muy empírica que se define en los estándares TAPPI como la presión hidrostática requerida para romper una película cuando se deforma en una esfera aproximadamente de 30.5 mm de diámetro, y a una velocidad controlada de carga. La presión se aplica a la película con velocidad de aumento, bombeando glicerina bajo el diafragma de hule a un ritmo constante de 95 cm<sup>3</sup>/min. La muestra se sujeta sobre dos anillos concéntricos y se transmite la presión a la muestra por conducto del diafragma de goma, obligando así a la muestra a expandirse hacia la mordaza anular superior hasta que se rompe.

#### H-2-2 Propiedades de barrera: La Permeabilidad

Tradicionalmente, se han realizado esfuerzos para minimizar las interacciones envase-alimento como la migración, sorción y permeabilidad de los materiales de envasado. Las interacciones envase-alimento son consideradas indeseables debido a que incluyen la transferencia al alimento de compuestos que pueden ser tóxicos, la pérdida de sabores deseables del alimento por sorción hacia el envase, ganancia o pérdida de humedad debido a la permeación, ingreso de oxígeno resultando en productos de oxidación, etc. El riesgo de posibles efectos en la salud de los consumidores, debido a la migración de sustancias del material de envase a los alimentos, ha sido reconocido desde hace mucho tiempo, en consecuencia se han llegado a establecer reglamentaciones alimentarias correspondientes (Soto Herlinda, 2005).

*Fig. H-1 Interacciones en los alimentos*



1. Del producto con la atmósfera dentro del envase y viceversa.
2. De la atmósfera dentro del envase al medio ambiente.
3. Del medio ambiente al producto a través del envase y viceversa.
4. Del producto al envase.
5. Del envase al producto.

No obstante, las interacciones también pueden ser usadas para mejorar la capacidad de protección del envase, lo cual constituye una de las modernas tecnologías de envasado donde estas interacciones son usadas en una forma positiva.

En las películas comestibles, durante el transporte de gas pueden ocurrir dos mecanismos: difusión capilar y difusión activa. El primero ocurre en materiales que son porosos o que presentan imperfecciones, y la difusión activa incluye la solubilidad del gas en la película, difusión a través de la película y finalmente el paso al otro lado de la película (Córdova, 1991).

La permeabilidad es una propiedad de ciertos materiales, definida como la capacidad que tienen estos de transmitir gases, vapores y solutos. Dicha característica es propia de todos los plásticos y gomas; su medición se hace necesaria para evaluar sus usos como materiales de barrera. (Lebovits, 1966).

El uso de las películas poliméricas para fines de empaques está determinado por dos factores complementarios (Córdova, 1991):

1. El grado de permeabilidad que presente a gases, vapores y solutos
2. Las necesidades de protección del producto.

El conocimiento de estos factores y su aplicación ayuda a evitar los problemas causados por el ambiente sobre la calidad de los productos.

Entre los efectos causados por el ambiente se tienen (Córdova, 1991):

- a. Efecto de los gases: El oxígeno, principalmente, origina cambios de color (empardecimiento) en algunas frutas cuando estas son peladas o partidas. Además produce rancidez de las grasas y aceites por oxidación, y da lugar al crecimiento de hongos en productos lácteos (Karen, 1975). En otros productos no alimenticios puede causar corrosión (Lebovits, 1966). Sin embargo, algunas frutas y vegetales frescos requieren cantidades equimolares de oxígeno y dióxido de carbono para desarrollar sus procesos metabólicos; lo mismo sucede con las carnes frescas que utilizan oxígeno para la formación del pigmento rojo oximioglobina y mantener su color aun después de empacadas (Karen, 1975)
- b. Efecto del vapor de agua: la migración de humedad en algunas frutas, como los cítricos, causa desecación y pérdida de textura. Por otra parte, un incremento en la humedad relativa o actividad de agua ( $a_w$ ) a niveles de 0.4-0.45 en cereales utilizados para la fabricación de alimentos procesados puede causar pérdida de consistencia. Valores más altos de  $a_w$  (0.6-0.85) dan lugar a la proliferación de bacterias y hongos, así como también favorece las reacciones químicas y enzimáticas de degradación en vitaminas, pigmentos y lípidos (Kester y Fennema, 1986, Córdova 1991)
- c. Ataque microbiano: Es un problema habitual mantener una alta concentración de preservante químico en la superficie de un producto, debido a que dicho componente se difunde hacia las zonas intermedias exponiendo la superficie, que es más susceptible al ataque microbiano (Torres, 1985)

#### *Descripción física del fenómeno de difusión a través de sólidos poliméricos*

El fenómeno de la transferencia de gases a través de sólidos está determinado por la estructura del sólido y por su interacción con la sustancia que se difunde. La difusión a través de sustancias poliméricas, en contraste con el transporte de masa en materiales



porosos, se asemeja más a la difusión en soluciones líquidas, especialmente si los solutos son gases incondensables como helio, oxígeno, nitrógeno, etc.

El mecanismo que gobierna el transporte de masa a través de plásticos se denomina “difusión activada” y fue descrita por primera vez en 1866. Este proceso tiene lugar en tres etapas:

1. En ausencia de grietas, agujeros y otros defectos en la película del polímero, el penetrante se disuelve y condensa en la membrana en el lado de más alta concentración mediante un mecanismo que generalmente puede describirse por la ley de Henry.
2. El penetrante se difunde por la membrana hacia el lado de más baja concentración. En esta etapa las cadenas poliméricas están en movimiento térmico constante dándose la formación de “huecos” donde las moléculas del difundente “saltan” de una posición a otra.  
Una difusión efectiva depende del tamaño, forma y polaridad de las moléculas de la sustancia penetrante, y de otros factores que afectan el movimiento de las cadenas en la estructura del polímero, que incluyen fuerzas de atracción entre segmentos de cadena como los puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals.
3. Finalmente, el penetrante es desorbido y evaporado en el lado de baja concentración.

La teoría matemática de la difusión en sustancias poliméricas esta basada en la hipótesis “la velocidad de transferencia del material que se difunde a través de una unidad de área es proporcional al gradiente de concentración medido en forma normal a la sección”.

Según Donhowe y Fennema (1994), una combinación de la primera Ley de Fick de difusión y la ley de Henry de solubilidad se utiliza para expresar la permeabilidad en estado estable a través de una barrera no porosa o con imperfecciones no significativas. La primera ley de Fick, establece que el flujo del Permeado,  $J$ , es dependiente del coeficiente de difusión,  $D$ , de la diferencia de concentraciones,  $dC$ , en la película y de la diferencia del espesor ( $dX$ ), esto se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$J = -D \frac{dC}{dX}$$

El signo negativo indica que la migración ocurre en dirección de la menor concentración.

La ley de solubilidad de Henry indica que la concentración,  $C$ , del Permeado en la película es igual al producto del coeficiente de solubilidad,  $S$ , y la presión parcial del Permeado en el aire adyacente,  $P$ .

$$C = SP$$

La combinación de la ley de Fick con la de Henry queda de la siguiente manera:

$$J = -DS \frac{dP}{dX}$$

Donde  $dP$  es la diferencial de las presiones parciales a través de la película y  $DS$  es la permeabilidad, por lo que la ecuación anterior podría quedar de la siguiente manera:

$$\text{Permeabilidad} = DS = - \frac{JdX}{dP}$$

Las medidas de permeabilidad están basadas en la medida de la cantidad de gas que consigue atravesar la membrana. La diferencia entre unos dispositivos y otros es el modo de determinar la cantidad permeada ya sea la presión, volumen, peso o por medios más sofisticados como un cromatógrafo de gases. Estas técnicas proporcionan directamente el coeficiente de permeabilidad y, en algunos casos, el coeficiente de difusión, mientras que el coeficiente de solubilidad puede estimarse si ambos son conocidos empleando la ecuación anterior.

Experimentalmente la permeabilidad puede ser determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Permeabilidad (P)} = \frac{w \cdot x}{A \cdot t \cdot (p_1 - p_2)} = \frac{\text{g.cm}}{\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{mmHg}}$$

Donde:

$w$  = masa del permeante (g)

$x$  = espesor (m)

$t$  = tiempo (min)

$A$  = área expuesta ( $\text{m}^2$ )

$p_1 - p_2$  = diferencial de presión parcial (mmHg)

En resumen, la permeabilidad es un proceso global en el que influyen la solubilidad y la difusión de un gas o vapor. Estos tres procesos, solubilidad, difusión y permeabilidad, en forma de sus correspondientes coeficientes (S, D y P) son agrupados en lo que se conoce como propiedades de transporte.

# **ANEXO I**

## **GUÍA TÉCNICA DE MANEJO POSCOSECHA DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) PARA EL MERCADO FRESCO**

**GUÍA TÉCNICA  
DE MANEJO POSCOSECHA DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)  
PARA EL MERCADO FRESCO**  
(Ref.: 11, 16 y 17)



## **I. PRESENTACIÓN**

## **II. GENERALIDADES DEL CULTIVO**

La lechuga es la más importante del grupo de las hortalizas de hoja que se comen en ensaladas. Esta hortaliza es típica de climas frescos. En nuestro país se encuentra en las partes altas con climas húmedos que favorecen su desarrollo.

Las temperaturas altas aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad de la lechuga se deteriora rápidamente con el calor, debido a una acumulación de látex amargo en su sistema vascular.

La temperatura media óptima para el desarrollo de la parte aérea de la planta es entre 15 y 18 °C, con máximas de 21 a 24 °C y mínimas de 7 °C.

Los suelos que retienen bien la humedad y que a la vez presentan buen drenaje son los mejores para el cultivo de la lechuga; las mejores texturas son las franco arcillosas y franco arenosas, el pH apropiado es de 5,2 a 5,8 en suelos orgánicos y de 5,5 a 6,7 en suelos minerales.

## **III. CONDICIONES DE MANEJO ÓPTIMAS**

### Índice de madurez para la corta del producto

Para la lechuga los principales índices de madurez utilizados son: el tamaño del producto, la compactación de la cabeza o grado de arrepollamiento y el tiempo desde el transplante (de 40 a 60 días, dependiendo del cultivar, la zona de producción y factores climáticos). Ambos, el tamaño y la compactación de la cabeza son los criterios de cosecha más usados.

Para determinar el grado de compactación de la cabeza, se presiona con las manos la cabeza; una cabeza compacta es la que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida y es considerada apta para ser cosechada. Una cabeza muy suelta está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobremadura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobremaduras y también tienen menos problemas en postcosecha.

### Cosecha

La corta o cosecha de la lechuga, se realiza tomando con una mano la cabeza de la hortaliza, y con un cuchillo filoso en la otra mano se corta a ras del suelo. Se eliminan en el campo hojas sucias, quemadas por el sol, con enfermedades y con daños causados por insectos.

Es muy importante la desinfección de la herramienta de corte, así como el pronto acomodo del producto en los empaques de campo.



## Manejo

La lechuga es muy susceptible a la pérdida de agua, debido a que tiene una gran superficie expuesta al ambiente, por lo que se debe cortar en las primeras horas del día; los síntomas de pérdida de agua se reflejan como pérdida de firmeza y turgencia en las hojas y un deterioro en la apariencia de las mismas; pierden su apariencia fresca y se ven marchitas.

La lechuga cosechada se debe mantener bajo la sombra, en un lugar fresco (toldos, galera u otro) para protegerla de la incidencia directa del sol y las altas temperaturas, de esta forma se conserva mejor y por mayor tiempo.

El rompimiento de la nervadura de las hojas de la lechuga a menudo ocurre durante el empaqueo en campo, lo cual incrementa el pardeamiento y susceptibilidad a pudriciones, por lo que se debe manejar con mucho cuidado, ya que estos daños pueden ocurrir por golpes o por una presión excesiva al manejar el producto o en el empaque. La manipulación poco cuidadosa o excesiva también puede llevar a daños en las hojas, que deterioran significativamente la apariencia y obligan a eliminar parte del producto (hojas externas).

El proceso de empaque en el campo debe hacerse colocando la lechuga en cajas plásticas limpias, ubicadas sobre tarimas para evitar el contacto directo con el suelo y la contaminación del producto y de la caja. Se debe tener cuidado al colocar cada lechuga, para evitar que se desprendan o dañen las hojas externas y para evitar el rompimiento en la nervadura de las hojas.

## Acondicionamiento

Una vez que la lechuga está en cajas se deben trasladar a los camiones y/o galeras, y se procede a realizar las siguientes operaciones: eliminación de hojas externas quebradas, sucias, manchadas, con coloración anormal, daños por enfermedades o insectos, deformaciones y otros defectos, recortar las raíces y lavar para remover la suciedad con que viene del campo.

A solicitud de algunos compradores, especialmente de cadenas de supermercados, los productores lavan la lechuga con agua con cloro en las fincas, como tratamiento de limpieza y desinfección. Es importante destacar los siguientes puntos en cuando al lavado, para que la operación sea eficiente.

- Para que el lavado-desinfección sea efectivo se usa agua con cloro, es necesario controlar la concentración del cloro (entre 50 a 100 ppm)<sup>1</sup> y el pH de la solución entre 6,5 y 7,5 (acidez), a la vez que se debe asegurar que se hagan cambios frecuentes del agua de lavado, ya que la tierra y otros materiales y residuos orgánicos el restan eficacia al tratamiento. Es deseable remover la suciedad superficial (tierra y otros residuos de campo) con agua antes de la operación lavado-desinfección, y así el tratamiento de agua con cloro se mantenga con un buen nivel de efectividad por un mayor tiempo.
- El cloro tiene un efecto de contacto, de manera que el tiempo de lavado es corto, pero se debe permitir que el agua llegue a la parte interna de la lechuga.



<sup>1</sup> Usar 1,5 a 3,0 ml de cloro comercial para uso doméstico (3.5%) en 1 litro de agua para las concentraciones de 50 a 100 ppm.

Dos o tres minutos son suficientes para este tratamiento. La lechuga se debe escurrir, para remover la mayor cantidad del agua de lavado que se pueda y evitar que se quede agua acumulada entre las hojas de la lechuga, pues esta puede favorecer las pudriciones y deterioro del producto, especialmente cuando el producto se empaca en bolsas plásticas, abiertas o cerradas. Para el escurrido, el producto se puede agitar ligeramente en el aire al sacarlo de la pila de lavado y se puede colocar en rejillas en la posición que permita un mayor drenaje del agua atrapada entre las hojas.

- El lavado de la lechuga después de la cosecha con agua con cloro, ayuda a bajar la carga de microorganismos, pero no los elimina totalmente, puesto que solo actúa superficialmente; por esta razón, es importante que el agricultor implemente *Buenas Prácticas Agrícolas* durante toda la etapa de producción en el campo, como medidas preventivas que permitan reducir los riesgos a los consumidores y los problemas de enfermedades que atacan la lechuga. Las principales medidas incluyen la selección del terreno, el uso de abonos certificados, fuentes de agua seguras, planes de manejo de plagas (áfidos, babosas y otros) y la higiene de los trabajadores que laboran en el campo.
- El producto lavado se debe manejar cuidadosamente para evitar que se vuelva a contaminar, no se debe poner en contacto con implementos, empaques o medios de transporte sucios, producto sin lavar, o por la manipulación de los operarios.

### Empaque y Transporte

La función principal del empaque es la de proteger el producto durante su transporte y comercialización.

La lechuga se debe empacar con cuidado para no ocasionar daños mecánicos (quebraduras, magulladuras y otros) en cajas plásticas limpias y desinfectadas para el mercado local, o de cartón para mercados más distantes. El producto se acomoda en las cajas de manera que se limite el movimiento de las lechugas dentro del empaque (poco espacio vacío evita que se muevan durante el transporte), pero a la vez se debe evitar el llenado con demasiada presión, que provocaría daños mecánicos irreversibles en el producto (quebraduras, magulladuras, desprendimiento de hojas, etc.). La colocación de la lechuga dentro de los empaques con la base hacia arriba (hojas hacia abajo) ayuda a proteger las hojas externas durante el transporte, y evita que se pierdan un exceso de hojas cuando se sacan de las cajas para colocarlas en los exhibidores de los puntos de venta.

Los daños mecánicos en la lechuga hacen que se pierda una cantidad importante de producto, pues las hojas arrancadas se deben desechar, y las magulladuras, heridas y otros favorecen el deterioro del producto, observándose problemas de oscurecimiento en las zonas maltratadas y alterando negativamente la apariencia de la lechuga, lo cual obliga a eliminar hojas adicionales por parte del comercializador o en los puntos de venta, de manera que el consumidor recibe un producto mucho más pequeño y de inferior calidad.

La cantidad de lechugas que se coloquen en cada empaque depende del tamaño del producto, la forma y tamaño del empaque, las normas o exigencias de los mercados o





el cliente a quien se dirige. El patrón de acomodo dentro de las cajas y las cantidades por caja pueden variar con la época, pues el tamaño de los productos cambia considerablemente a través del año. El acomodo del producto debe ser tal que lo proteja durante su transporte y comercialización.

Para la venta en algunos supermercados se acostumbra colocar a la lechuga en bolsa plástica (perforada o no), para mejorar la apariencia, protegerla de daños físicos durante la manipulación en los puntos de venta y contra las pérdidas de humedad. Se debe tener el cuidado de que la bolsa se coloque cuidadosamente y proteja todas las hojas externas. Es importante que la lechuga se escurra bien antes de empacarla, para evitar la acumulación de líquido dentro del empaque. El uso de estos materiales de empaque facilita la manipulación del producto y reduce considerablemente los daños mecánicos durante el manejo; sin embargo, dificulta la eliminación de las hojas externas en el punto de venta, operación que se realiza con frecuencia para renovar la apariencia fresca de la lechuga, pues las hojas externas tienden a deshidratarse más rápidamente.

### Almacenamiento

La lechuga se debe colocar siempre bajo la sombra, en lugares frescos y protegidos del sol, idealmente refrigerada entre 0 y 5 °C con 95% HR (humedad relativa). Cuando se almacena a temperatura ambiente, el deterioro es muy rápido y la comercialización debe ser también muy rápida. Cuando el producto se enfría, es importante mantenerlo en condiciones de refrigeración a la misma temperatura durante toda la cadena de comercialización, porque las fluctuaciones de temperatura pueden favorecer el desarrollo de patógenos. Si existen limitaciones para el transporte refrigerado se deben utilizar medios con aislamiento interno que permita mantener la temperatura del producto y realizar los envíos de producto en las horas más frescas del día.

Para productos tan perecederos como la lechuga, cuando no se cuenta con las facilidades para enfriamiento y transporte refrigerado, es de suma importancia un rápido manejo y distribución del producto hasta el punto de venta, manteniéndolo en lugares frescos, con empaques que permitan la circulación del aire durante la cadena de comercialización.

Durante el almacenamiento, el daño por congelamiento también puede ocurrir si la lechuga es almacenada a  $<-0.2$  °C (31.7 °F). La apariencia del daño es un oscurecimiento translúcido o un área embebida en agua, la cual se torna legamosa y se deteriora rápidamente después de descongelarse.

Las recomendaciones de Temperatura y Humedad Relativa Óptimas para almacenamiento de la lechuga son:

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>
0	95	21-28
5	95	14



### Efecto del etileno

La lechuga de cabeza (Iceberg) es extremadamente sensible al etileno. El punteado pardo (Russet spotting; vea Alteraciones poscosecha: Fisiopatías) es el síntoma más común de la exposición a etileno, principalmente en las nervaduras de las hojas. Su presencia induce también a la pérdida del color verde y la aparición del color amarillo en las hojas y tallos.

La tasa de producción de etileno para la lechuga de cabeza es muy baja:

$$<0.1 \mu\text{L}/\text{k}\cdot\text{h a } 20^{\circ}\text{C (68}^{\circ}\text{F)}$$

## **IV. Alteraciones poscosecha**

### Fisiopatías

Muchas fisiopatías han sido identificadas en lechuga de cabeza. Algunos de los más importantes desórdenes son los siguientes:

**Puntas Quemadas (tipburn).** Es una fisiopatía causada en el campo y se relaciona con condiciones climáticas, selección del cultivar y nutrición mineral. Las hojas con las puntas quemadas dan una apariencia desagradable y el margen de la hoja dañada es más débil y susceptible a pudriciones.

**Punteado Pardo (russet spotting).** Es una fisiopatía común debido a la exposición a bajas concentraciones de etileno que produce depresiones oscuras especialmente en la nervadura media de las hojas. Secundariamente, el etileno estimula la producción de compuestos fenólicos que conduce a la síntesis de pigmentos pardos. Bajo condiciones severas, las manchas pueden ser encontradas en el tejido verde de las hojas y en toda la cabeza. Esta fisiopatía es estrictamente cosmética (apariencia), pero hace a la lechuga no comercial. La contaminación por etileno puede originarse por motores de combustión interna (montacargas y otros equipos que trabajan o funcionan con propano), cuartos de maduración, frutas y hortalizas que producen etileno (manzanas, peras y duraznos), productos perecederos en descomposición, hongos y otros microorganismos que también lo producen, humo de cigarrillos y otros materiales expuestos al calor o a luces ultravioleta. Dado que el etileno provoca efectos indeseables aún a muy bajas concentraciones, es importante tomar medidas para eliminar las posibles fuentes antes mencionadas, siendo quizás las más fáciles de controlar, el evitar transportar y almacenar la lechuga con productos que generan etileno; no utilizar motores de combustión dentro de los cuartos de almacenamiento, descartar productos en mal estado y asegurar una ventilación con aire libre de etileno. Si los problemas persisten, se pueden utilizar métodos químicos para remover el etileno (permanganato de potasio, carbón activado, catalizadores u otros).

**Mancha Parda (brown stain).** Los síntomas de esta fisiopatía son grandes manchas deprimidas de color amarillo rojizo principalmente en la nervadura media de las hojas. Estas pueden oscurecerse o agrandarse con el tiempo. La mancha parda en algunos casos se observa como un veteado pardo rojizo. La mancha parda es causada por la exposición a atmósferas con CO<sub>2</sub> sobre 3%, especialmente a bajas temperaturas.



**Costilla Rosada (pink rib).** Es una fisiopatía en la cual la nervadura de la hoja adquiere una coloración rojiza. La sobremadurez de las cabezas y el almacenaje a altas temperaturas incrementan este desorden. Las exposiciones a etileno no incrementan esta fisiopatía y atmósferas con bajo oxígeno no lo controlan.

Daño mecánico

El rompimiento de la nervadura de las hojas a menudo ocurre durante el empaclado en campo, lo cual incrementa el pardeamiento u oscurecimiento de los tejidos y la susceptibilidad a pudriciones. Otros daños físicos incluyen magulladuras por esfuerzos de compresión excesivos, hojas quebradas, rasgadas o dobladas durante el manejo, desprendimiento total o parcial de las hojas exteriores, cortes en las hojas y nervaduras ocasionadas durante la cosecha, mientras preparan el producto para el mercado fresco o cuando lo arreglan en los puntos de venta. En todos los casos, los daños se pueden reducir considerablemente con un manejo cuidadoso del producto desde la cosecha y a través de toda la cadena de comercialización. El mayor inconveniente de los daños mecánicos, es que debilitan los tejidos y facilitan la entrada de patógenos al producto, de modo que en un corto tiempo los tejidos dañados se oscurecen y se observa crecimiento microbiológico.

Enfermedades

Las enfermedades poscosecha más comunes para la lechuga se describen en el siguiente cuadro:

<b>Enfermedad</b>	<b>Síntomas</b>	<b>Opciones de manejo</b>
Pudriciones blandas (Pseudomonas spp y Erwinia carotovora)	Destruyen el tejido infectado y pueden dar pie a infecciones por hongos.	La eliminación de las hojas exteriores, enfriamiento rápido y una baja temperatura de almacenamiento reducen el desarrollo de las pudriciones blandas bacterianas.
Pudrición acuosa (por Sclerotinia) o pudrición del moho gris (causado por Botrytis cinerea)	Pueden producir un suavizamiento acuoso de la lechuga; se distinguen de las pudriciones blandas bacterianas por el desarrollo de esporas negras y grises.	La eliminación de hojas y la baja temperatura también pueden reducir la severidad de estas pudriciones.

Fuente: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Lechuga.shtml>

La causa, además de la presencia de microorganismos (hongos y bacterias) se ve favorecida por el manejo rudo del producto y un mal control de la temperatura del producto desde el campo hasta el consumidor final.

