

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**COMPORTAMIENTO EN POSTCOSECHA DE cvs. DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) GX906, DRIFTER Y  
VALENCIA**

**SERGIO ANDRÉS OTTONE DAUVIN**

SANTIAGO – CHILE  
2014

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**COMPORTAMIENTO EN POSTCOSECHA DE cvs. DE LECHUGA**  
**(*Lactuca sativa* L.) GX906, DRIFTER Y VALENCIA.**

**POSTHARVEST BEHAVIOR OF LETTUCES (*Lactuca sativa* L.)**  
**GX906, DRIFTER AND VALENCIA cvs.**

**SERGIO ANDRÉS OTTONE DAUVIN**

**Santiago – Chile**  
**2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**COMPORTAMIENTO EN POSTCOSECHA DE cvs. DE LECHUGA (*Lactuca sativa*  
L.) GX906, DRIFTER Y VALENCIA.**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo

**SERGIO ANDRÉS OTTONE DAUVIN**

	Calificaciones
<b>Profesor Guía</b> Victor Escalona C. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
<b>Profesores Evaluadores</b> M. Verónica Díaz M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,8
Nicola Fiore Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,7
<b>Colaborador</b> Andrés Bustamante Médico Veterinario, Dr.	

Santiago – Chile  
2014

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis profesores guías María Luisa Tapia, Ljubica Galletti y Victor Escalona por su gran paciencia, motivación y apoyo incondicional. Grandes profesionales y aun más grandes personas.

A mi familia, quienes siempre han estado junto a mí, por haberme enseñado con amor, por aceptarme como soy y por creer siempre en mí.

Y a tantas personas más, que con o sin querer han sido imprescindibles en mi formación como ser humano.

Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes, mis más profundos agradecimientos.

## ÍNDICE

	PÁGINA
RESUMEN	1
Palabras Clave	1
ABSTRACT	2
Key Words	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis y objetivos	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
Aspectos generales en la conservación de hortalizas	5
Procesos fisiológicos	6
Respiración	7
Transpiración	8
Alteraciones fisiológicas en lechugas	8
Factores determinantes en la postcosecha de lechugas	9
Temperatura de almacenaje	9
Humedad de almacenaje	10
Atmósfera de almacenaje	11
Atmósfera modificada	12
Envases para atmósfera modificada	13
MATERIALES Y MÉTODO	15
Materiales	15
Método	16
Caracterización de los cvs.	16
Manipulación y procedimiento	17
Medición de composición gaseosa al interior de las bolsas	18
Determinación de los parámetros de calidad	19
Diseño de experimentos y análisis estadístico	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
Caracterización de los cultivares	23
Composición gaseosa al interior de las bolsas	25
Determinación de los parámetros de calidad	28
Pérdida de peso	28
Desarrollo de tallo	29
Parámetros de color	30
Turgencia	34
Pudrición	35
Desórdenes fisiológicos	36

CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO I	48
ANEXO II	51
APENDICE	52

## RESUMEN

Las lechugas tipo “baby” (*Lactuca sativa* L.) cvs. GX906 (Romana verde), Drifter (Mantecosa) y Valencia (hoja Roble roja), cultivadas bajo sistema hidropónico en primavera fueron cosechadas, caracterizadas y sometidas a 6 tratamientos distintos para evaluar sus respuestas a un almacenaje de 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día a 10°C y 75% HR, simulando el período de almacenamiento y de comercialización respectivamente. Para la caracterización de las lechugas se tomó en cuenta peso, tamaño, longitud de tallo, color y forma de hoja. Para el estudio se diseñaron 3 ensayos, uno para cada cultivar, y los tratamientos realizados consistieron en envasar las lechugas por separado en bolsas confeccionadas con diferentes películas plásticas transparentes y selladas: a) polietileno de baja densidad de 0,03mm de espesor íntegro (PE); b) polietileno de baja densidad de 0,03mm de espesor perforado (PEP) como testigo y c) poliolefina coextruida de 0,015mm de espesor (PD961, Cryobac). Previo al envasado, a la mitad de ellas se les realizó 1 lavado con agua potable a 17°C por 1 minuto y luego una inmersión en agua potable a 5°C por 15 segundos. Y posteriormente fueron centrifugadas a 750 rpm por 2 minutos. En las mediciones realizadas el día 11 de almacenaje, se evaluó el efecto del lavado previo y de las distintas atmósferas modificadas sobre la pérdida de peso, desarrollo del tallo, color, turgencia, pudrición y desórdenes fisiológicos de las lechugas en estudio. Además se midió a los 10 y 11 días de almacenaje la concentración de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno al interior de las bolsas.

Bajo las condiciones del estudio se concluye que el lavado previo al envasado no mejoró el período de postcosecha, debido a que las pudriciones aumentaron. Se observó en las lechugas conservadas en bolsa PEP la peor condición en postcosecha. Los otros dos envases presentaron resultados similares; menores pérdidas de peso, mayor turgencia y menores cambios de color. Estos resultados demostrarían los beneficios de la atmósfera modificada (AM) sobre la calidad de lechugas en postcosecha.

Durante el almacenamiento no se presentaron desórdenes fisiológicos en las lechugas, encontrándose en buenas condiciones para su consumo.

**Palabras Clave:** atmósfera modificada, películas plásticas, lechugas tipo “baby”, vida útil.

## ABSTRACT

Baby lettuces GX906 (Green Romaine), Drifter (Butterhead) and Valencia (Red Oak leaf) cvs. cultivated under hydroponic system in spring season, were harvested and subjected to six different treatments to evaluate their response during a cold storage of ten days at 4°C and 90% RH followed by one day at 10°C and 75% RH, simulating storage and marketing periods of this product, respectively. Three essays were designed, one for each cultivar. In each essay three atmosphere gas compositions were evaluated using translucent plastic bags made by: a) low density polythene bags, 0,03mm of thickness (PE); b) perforated low density polythene bags, 0,03mm of thickness (PEP), as control; and c) co extruded polyolefin bags, 0,015mm of thickness (PD961, Cryobac). Half of the lettuces received a rinse and an immersion in tap water before packaging; the first was at 17°C water temperature for one minute and the second at 5°C water temperature for 15 seconds. After that, they were centrifuged for two minutes at 750 rpm. On day 11 gas composition inside the bags, dehydration, stem length, color, turgor, decay and physiological disorders were evaluated. The CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and ethylene levels were also measured on day 10 and 11.

Under the conditions of this study it is concluded that the water immersion before packaging did not extend the shelf life of lettuces, due to decay was increased. Lettuces in PEP bags showed the worst postharvest condition. The other two packages showed similar results; low weight loss, good turgor and low color changes being the modified atmosphere recommended to lettuce during cold storage.

In the study the lettuces did not show signs of physiological disorders after the eleven days of storage, being the three essay lettuces in good conditions.

**Key words:** modified atmosphere, plastic films, baby lettuce, postharvest.



## INTRODUCCIÓN

La lechuga es una planta anual y autógama, perteneciente a la familia *Asteraceae*, cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L., y posee una gran variedad de tipos y cultivares (Luna, 2012). Es una de las hortalizas más antiguas conocidas, se cree que su origen fue el Mediterráneo (Lewis, 2001) y es la hortaliza de hoja más consumida en el mundo (Martín-Diana *et al.*, 2007). Según datos de ODEPA (2012), en nuestro país la lechuga es la hortaliza de hoja de mayor importancia, ocupando una superficie entre 7000 y 7.600 ha/año y su cultivo se realiza durante todo el año en todas las regiones del país, pero se concentra en las regiones Metropolitana, Coquimbo y de Valparaíso.

La contribución de la lechuga a la dieta humana es principalmente por el aporte de minerales, compuestos antioxidantes (fenoles, vitaminas, carotenos y clorofilas), fibra y agua, siendo las hojas externas más ricas en nutrientes (Hohl *et al.*, 2001). Las lechugas tipo “baby” son consideradas como una planta de propiedades tranquilizantes y su alto contenido en vitaminas las hacen muy apreciadas en la dietética actual (De la A y Briones, 2007).

Según Chiesa (2010), se han dado grandes avances respecto a la reducción de las pérdidas de postcosecha y al mantenimiento de los atributos valorados de los productos luego de cosechados. La calidad comprende la totalidad de los rasgos y características de un producto que guarda relación con la capacidad de satisfacer una necesidad determinada siendo una combinación de las características, atributos y propiedades que le dan valor en la alimentación humana (Kader, 2002). Al aplicar el concepto de calidad específicamente a la lechuga, las características más apreciadas son la presencia de signos de frescura, hojas brillantes libres de daños, sin amarillamientos o decoloraciones, sin quemaduras en sus bordes y con nervaduras que no tengan rajaduras (Baron *et al.*, 1996).

Los hábitos de alimentación en los consumidores han cambiado en las dos últimas décadas, provocando la demanda de productos vegetales frescos y saludables (Artés *et al.*, 2009). La demanda del consumidor de lechugas con distintas texturas, formas y colores ha impulsado el desarrollo de nuevos productos de lechuga tipo “baby” también conocidas como brotes o minihojas jóvenes (Luna, 2012). Weightman (2013) indica que la lechuga tipo “baby” es una hortaliza de hoja de gran crecimiento mundial valorada por su apariencia visual y sabor, y es ampliamente usada en ensaladas en bolsa, mostrando un rápido crecimiento en las ventas en los últimos años.

Para lograr la introducción de cultivares de lechugas de tipo, precocidad, color, textura y forma diferente a las tradicionales, es primordial estudiar el comportamiento de ellas en postcosecha. Esto tiene una gran relevancia ya que uno de los mayores problemas que presentan las lechugas es su corta vida de almacenaje y comercialización, debido a su alta tasa de respiración y deshidratación. El tejido de hojas tipo “baby” es blanda al ser

cosechadas en estado de desarrollo inmaduro del ciclo de la planta (Martínez *et al.*, 2012). Aun más, como las hojas tipo “baby” se encuentran en estado activo de crecimiento, usualmente tienen una tasa metabólica alta (Salisbury y Ross, 1992). Mientras la cosecha sea más temprana las plantas tendrán menor tamaño (13-15cm) como lo exige el parámetro de calidad del mercado internacional para el caso de las “mini lechugas” (Montesdeoca, 2009). Según Schofield *et al.* (2005), esta corta vida comercial junto a las irregulares demandas del mercado por hortalizas como la lechuga hacen que tengan que ser almacenadas para alcanzar a satisfacer las demandas. Todo esto incentiva el estudio de materiales y métodos de almacenaje que permitan prolongar este período. La lechuga es extremadamente perecedera y necesita ser manejada delicadamente y vendida con rapidez (Karpeta, 2001). Kalio (2008) indica que la lechuga cosechada al ser un tejido vivo, continúa respirando y perdiendo agua a través de la transpiración y son los cambios químicos y fisiológicos los que contribuyen gradualmente a su deterioro. Según Mondino *et al.* (2006), en países en desarrollo donde existe una gran deficiencia en la infraestructura del mercadeo, las pérdidas de postcosecha de productos hortícolas frescos varían entre el 25 al 50 % de la producción. Ello representa pérdidas significativas de alimentos y un considerable daño económico para los comerciantes, productores y consumidores. Martín-Diana *et al.* (2007) señalan que la corta vida postcosecha de lechugas tipo “baby” es el resultado del deterioro rápido de componentes de las hojas debido al daño en su procesamiento, lavado y corte así como del crecimiento microbiano. Según Martín y Soliva (2011), la vida útil de comercialización de hortalizas tipo “baby” es muy corta y no supera los 5 a 7 días, cuando los requerimientos de los supermercados es de al menos 10 días.

Es por esto que el uso de películas plásticas que permitan generar atmósferas modificadas beneficiosas para la conservación de nuevas variedades es un desafío para la industria.

Dado los antecedentes anteriores se hace imprescindible estudiar nuevas técnicas de postcosecha para las nuevas variedades de lechugas.

### **Hipótesis**

El uso de inmersiones en agua a baja temperatura y de atmósferas modificadas producidas al interior de bolsas confeccionadas con diferentes materiales mantienen en mejor estado las lechugas tipo “baby” en postcosecha.

### **Objetivos**

El objetivo fue evaluar el comportamiento en postcosecha de tres cvs. de lechugas tipo “baby” (GX906, Drifter, y Valencia) con y sin un lavado de postcosecha y almacenadas en bolsas confeccionadas con distintos materiales plásticos

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### Aspectos generales en la conservación de hortalizas

El concepto de calidad involucra aspectos variados tales como propiedades físicas, componentes químicos, propiedades funcionales, valor nutritivo, propiedades sensoriales y microbiológicas, entre otros (Chiesa *et al.*, 2005).

La lechuga, al igual que la mayoría de las hortalizas de hoja, son productos delicados con una corta vida de postcosecha y su calidad es fácilmente degradada cuando es almacenada en condiciones erróneas (Lokke, 2012). Su alta relación superficie - volumen y tasa respiratoria son factores limitantes para su conservación (Krarup y Spurr, 1981).

Actualmente las tecnologías de postcosecha están relacionados con la manipulación, selección, almacenamiento, transporte y venta de un producto vegetal desde la cosecha hasta el consumo (Lokke, 2012). Un manejo adecuado de postcosecha, presupone controlar las variables más importantes que influyen sobre la vida útil de los productos hortofrutícolas, de manera de mantener durante un tiempo razonable sus características físicas y sensoriales, similares a las del momento de la cosecha (Olhagaray, 1991). Según Salveit (2003), un ambiente óptimo de almacenamiento puede ser definido como las condiciones que mantienen la mejor calidad del producto.

Newman *et al.* (2005), señalan que cambios tan importantes en las propiedades mecánicas de las lechugas como son la madurez y la pérdida de turgor inducida por la postcosecha, son los cambios agronómicos en el cultivo. Según Martínez *et al.* (2012) las hojas de las lechugas tipo “baby” pierden textura y se pudren más rápido que las de lechugas de cabeza debido a que las células de las paredes de las hojas no están totalmente desarrolladas, encontrándose en la fase de expansión. Según Hayes y Liu (2008), las lechugas con largos períodos de crecimiento tienen menor vida útil que las cultivadas por períodos más cortos.

Yong (2000) señala que en la calidad externa de las lechugas, los cambios de color y la pérdida de agua son los factores más importantes en la decisión de compra. Wills *et al.* (2007) señalan que la textura es la característica dominante en la determinación de la calidad en estas hortalizas. Según Lokke (2012), la degradación de la clorofila es un cambio visual obvio durante la senescencia, y va acompañado de pérdidas de proteínas y lípidos de la membrana, dando como resultado la eventual muerte celular y los cambios texturales. Toivonen y Brummel (2008) indican que la pérdida de clorofila provoca un cambio en el color desde verde brillante a una variedad de colores (amarillo, marrón, naranja) en los tejidos en senescencia. Según Agüero (2011), la senescencia de órganos vegetales se manifiesta de formas diversas: marchitamiento, cambio de color, ablandamiento, degeneración de tejidos, etc.

Shehata *et al.* (2012) señalan que el pardeamiento del corte del tallo va en aumento con períodos prolongados de almacenaje, lo que está relacionado principalmente a la oxidación de compuestos fenólicos. La disminución de la calidad visual de lechuga mantecosa mínimamente procesada está vinculada con el pardeamiento (León *et al.*, 2004).

Uno de los instrumentos más empleados para la medir el color en la industria de los alimentos es el colorímetro triestímulo. El CIELAB es un espacio de color definido por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y su terminología oficial es CIE 1976 L (Luminosidad),  $a^*$  y  $b^*$  (Berns, 2000). El sistema CIELAB es un sistema de coordenadas tridimensionales definido por los ejes L,  $a^*$  y  $b^*$ , donde L es la iluminación que va desde 0 (negro) a 100 (blanco),  $a^*$  va de -60 (verde) a +60 (rojo) y  $b^*$  de -60 (amarillo) a +60 (azul) (Ozgen y Sekerci, 2011). El valor de  $a^*$  es negativo para colores verdes y positivo para colores rojos (Voss, 1992 citado por Mónaco *et al.*, 2005).

Los principales factores degradativos en postcosecha, responsables de la pérdida de calidad de las hortalizas frescas según Krarup (1985) y Montealegre (1990) son:

- Procesos fisiológicos: principalmente respiración y transpiración.
- Ataques microbiológicos: bacterias y hongos.
- Daños físicos.

### **Procesos fisiológicos**

La pérdida de peso en las hortalizas puede ser atribuido a: (1) evaporación del agua superficial en el producto luego del lavado; (2) deshidratación, que es pérdida de agua debido a la diferencia de la presión de vapor de agua entre la atmósfera circundante y el producto; y (3) respiración, la que consiste en la ruptura de carbohidratos dando como productos dióxido de carbono y agua (Moreira *et al.*, 2006).

La degradación de los pigmentos naturales y la aparición de coloraciones no deseadas, también afectan la vida útil del producto. El pardeamiento aparece principalmente en las zonas cortadas del tejido vegetal, como consecuencia de la síntesis de pigmentos generados por la oxidación de compuestos fenólicos. Esto puede presentarse acompañado de olores extraños que generan el rechazo del producto por parte del consumidor (Fossaert, 1999).

Del Nobile *et al.* (2006) señalan que al remover las hojas externas de las lechugas se puede alargar su vida de postcosecha, ya que el tejido vegetal que queda es fisiológicamente más joven. El estado fisiológico de los productos es de suma importancia y modifica significativamente la vida útil de los productos almacenados. Un órgano o tejido joven tiene una alta actividad metabólica y una menor cantidad de sustancias de reserva en comparación con otro maduro por lo tanto su capacidad de conservación es menor (Chiesa, 2010). Según Spinardi y Ferrante (2011) las lechugas tipo “baby” son cosechadas

tempranamente y que esto puede afectar su comportamiento y calidad durante su postcosecha y comercialización. Como las hortalizas de hoja del tipo “baby” son cosechadas en un estado de desarrollo inmaduro en el ciclo de vida de la planta, generalmente poseen una alta tasa metabólica (Martínez *et al.*, 2012). Wills *et al.* (2007) señalan que los procesos de crecimiento tales como la división celular y la expansión, y la síntesis de carbohidratos y proteínas cesan usualmente luego de la cosecha, y el metabolismo entra en un modo degradativo o catabólico.

### **Respiración**

La respiración es la descomposición oxidativa de azúcares y otros componentes celulares de la planta dando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, por lo cual energía es liberada (Kader y Saltveit, 2003). Según Lokke (2012) la tasa de respiración de hortalizas cosechadas depende de la tasa de respiración de éstas en vida, por lo tanto la tasa de respiración depende del tipo de hortaliza y estado de madurez o estado de desarrollo a la cosecha junto con la composición química, temporada y variedad. Cantwell y Suslow (2002) indican que las hojas pequeñas rizadas de lechugas tipo “baby” tienen casi el doble de tasa respiratoria que hojas enteras de lechugas maduras cuando se almacenan a diferentes temperaturas.

Un efecto universal de la respiración sobre la calidad es que las reservas metabólicas consumidas por la respiración cambian inevitablemente los rasgos del material de la planta y si el requerimiento continúa, incluso las proteínas pueden ser usadas como sustrato de la respiración (Salisbury y Ross, 1992). Kader (2002) señala que la pérdida de esos compuestos de reserva implican una aceleración de la senescencia del tejido debido a la escasez de reservas, una reducción en el contenido energético, un cambio en el sabor y una pérdida de peso fresco.

Agüero (2011) y Salveit (2003), señalan que la clasificación según tasa respiratoria de la lechuga entera corresponde a la categoría de productos con moderado ritmo respiratorio (10-20 mg CO<sub>2</sub>\*kg<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>). Krarup *et al.* (2008), indican por su parte, que la tasa respiratoria de las lechugas a 0°C va entre 5 a 15 mg\*kg<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>.

### **Transpiración**

La transpiración es uno de los principales procesos que afectan el deterioro de hortalizas de hoja al inducir la marchitez, la deshidratación, y la pérdida de firmeza, crujencia y lozanía – todos componentes de la frescura (Ben-Yehoshua y Rodov, 2003). La deshidratación de las células de la planta lleva a la pérdida de turgor de las células, lo que es esencial en la pérdida textural de crocancia en las hortalizas frescas (Wood *et al.*, 2005). Agüero (2011) indica que la pérdida de agua es la principal causa de deterioro de hortalizas porque resulta no solo en una pérdida cuantitativa (pérdida de peso), sino también en pérdidas de la apariencia, textura, degradación de los pigmentos clorofílicos, diversas alteraciones metabólicas, síntesis de etileno, etc. Kays y Paull (2004, citados por Nunez y Emond, 2007)

señalan que en general los bulbos y tubérculos tienden a perder agua a una tasa más lenta que frutas blandas, mientras que las hortalizas de hoja son extremadamente vulnerables.

La transpiración implica una pérdida neta de peso fresco en forma de vapor de agua desde los tejidos vegetales que además afecta otros aspectos que hacen a la calidad visual, como turgencia y la ausencia de signos de marchitamiento entre otros (Chiesa, 2010). Agüero *et al.* (2008) señalan que una pequeña pérdida de humedad desde el nivel óptimo es suficiente para causar deshidratación, marchitamiento y sequedad de lechugas lo que afecta directamente su calidad visual.

La tasa de transpiración de las lechugas en post-cosecha según Olhagaray y Achondo (1991) es de 7.780 mg /kg \* (h-pulg.c.a.). Las pérdidas de agua pueden llegar a significar la transformación en desecho del producto que interesa conservar. Según Ben-Yehoshua y Rodov (2003), cuando las hortalizas de hoja pierden más del 3% de su peso fresco original se convierten en invendibles. Mientras que Nunez y Emond (2007) señalan que la pérdida máxima aceptable para lechugas de cabeza va entre 4 y 5% y para las de hoja es menor a 2,7% del peso fresco.

### **Alteraciones fisiológicas en lechugas**

Algunos desórdenes fisiológicos que se ven generalmente en lechugas en postcosecha según Cantwell y Suslow (1999) son:

- “Russet Spotting” (RS). Según Luna (2012) es una fisiopatía común debido a la exposición al etileno que produce manchas pardas que aparecen durante la conservación. 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, pero hace a la lechuga no comercial. Hay grandes diferencias de susceptibilidad entre las distintas variedades de lechuga (Cantwell y Suslow, 1999).

Kader (1985) señala que concentraciones tan bajas como 0,1ppm de etileno durante un almacenamiento de 5 a 8 días a 5°C es suficiente para causar importantes daños comerciales en lechugas. Según Ke y Salveit (1988) el RS puede inducirse en lechugas Iceberg conservadas a una temperatura de  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  por la exposición a concentraciones tan pequeñas como 3ppm de etileno.

Las concentraciones de O<sub>2</sub> entre 2 y 6% reducen efectivamente la incidencia de RS. Sin embargo, el O<sub>2</sub> nunca debe ser menor al 1% ni mayor al 8%; puesto que hay peligro de daño por bajas concentraciones de O<sub>2</sub> por debajo de 1%, y la efectividad de una atmósfera reducida en O<sub>2</sub> decrece sobre el 8% (Ryall y Lipton, 1979).

- “Brown Stain”. Son lesiones pardas que aparecen durante la conservación a bajas temperaturas causadas por atmósferas altas en CO<sub>2</sub> (Luna, 2012). López *et al.*

(1996) señalan que el daño por CO<sub>2</sub> puede incluir “Brown Stain”, ablandamiento de tejido y una decoloración generalizada de la superficie. Las lechugas pueden afectarse con concentraciones mayores al 1%, dependiendo de las temperaturas y duración de la exposición (Ryall y Lipton, 1979). Según Cantwell y Suslow (1999), la mancha parda es causada por la exposición a atmósferas con CO<sub>2</sub> sobre 3%, especialmente a bajas temperaturas. El pardeamiento enzimático es una de las principales causas de pérdida de calidad organoléptica durante el proceso y el almacenado de lechugas (Chiesa, 2003).

- “Pink Rib”. Es la coloración rosada que toman los tejidos nerviarios. Ocurre con más frecuencia en lechugas de madurez avanzada (Luna, 2012). Las exposiciones a etileno no incrementan esta fisiopatía y atmósferas con bajo oxígeno no lo controlan (Cantwell y Suslow, 1999). Según Salveit (1997), este desorden ocurre en lechugas sobre maduras almacenadas a altas temperaturas y sus causas no se conocen.

### **Factores determinantes en la postcosecha de lechugas**

Acedo (2010) indica que la pérdida de humedad provocada por un daño mecánico aumenta la susceptibilidad al deterioro, causando un aspecto lánguido en hortalizas de hoja.

El amarillamiento de las hojas es considerado un importante defecto en hortalizas de hoja (Lokke, 2012).

Los aspectos más relevantes para el manejo de variables que controlan la vida útil de frutas y hortalizas durante el almacenamiento de postcosecha según Olhagaray y Achondo (1991) son: temperatura e historia térmica, humedad relativa y movimiento de aire y concentración gaseosa alrededor del producto (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno).

### **Temperatura de almacenaje**

La temperatura de almacenamiento es uno de los principales factores determinantes de la calidad y la vida útil en postcosecha de productos hortofrutícolas (Kader, 2002). Chiesa (2010) señala, que las variables de mayor importancia que se ven directamente afectadas por la temperatura son la respiración, la transpiración y la producción de etileno, las tres vinculadas a procesos que implican el deterioro y la pérdida de atributos de calidad del producto vegetal. A esto Agüero (2011) añade la microflora deteriorante y patógena.

Acedo y Weinberger (2010) señalan que los productos vegetales deben ser cosechados en las horas más frescas del día para minimizar el calor del producto y aumentar la eficiencia de los cosecheros.

Según Artes *et al.* (2009), la pre-refrigeración elimina el calor de campo hasta obtener la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa recomendadas para mantener la calidad de las frutas y hortalizas.

La práctica más aconsejable para prolongar la vida útil lo máximo posible es comenzar con la reducción de la temperatura de la hortaliza inmediatamente posterior a su cosecha (Chiesa, 2010). Wilson *et al.* (1999), señalan que el calor de campo que traen los vegetales debe ser removido lo más rápido posible después de la cosecha, y que cada producto debe ser mantenido a la temperatura más baja que le sea segura. Según Luna (2012) señala que el preenfriado se puede hacer con agua (hidrorefrigeración) con el fin de reducir en muy poco tiempo la temperatura de llegada de las lechugas hasta los 5°C.

Agüero (2011) señala que por cada incremento de 10°C sobre la temperatura óptima de almacenamiento la tasa de deterioro se duplica o triplica dependiendo del tipo de hortaliza, y que una disminución de la temperatura de 25 a 0°C disminuye la producción de CO<sub>2</sub> en 85 a 95%.

Agüero *et al.* (2008) y Krarup y Spurr (1981) recomiendan temperaturas entre 0 a 2°C para el almacenaje de lechugas, y entre 0 y 5°C para su almacenaje en condiciones de AM. Olhagaray y Achondo (1991) al igual que Pantastico (1975) aconsejan el almacenado entre 0 y 2°C. Ryall y Lipton (1979) señalan como temperatura óptima de almacenaje para lechugas de cabeza es 0°C. Saltveit (1997), concuerda con esto y señala que esa temperatura es la óptima y que rango de temperaturas puede estar entre de 0 a 5°C. Según Cantwell y Suslow (2006), a una temperatura de 0°C con HR mayor al 95% se puede esperar una vida útil para las lechugas de 21 días, lo que con una temperatura de 5°C se acorta a 14 días, siempre y cuando no haya etileno en el ambiente. Kalio (2008), señala que las lechugas variedad Iceberg pueden ser almacenadas con AM por más de 12 días a 15°C y 9 días a 22°C con concentraciones de O<sub>2</sub> cercanas al 10%.

La temperatura es el factor más importante entre varios que influyen la calidad postcosecha de hortalizas de hoja, sin embargo no debe ser estudiado individualmente, ya que estos factores interactúan entre ellos (Lokke, 2012).

### **Humedad de almacenaje**

Una de las características más conocidas del aire corresponde a la capacidad de mantener agua en su composición. La cantidad de agua que el aire puede mantener en su composición depende de la temperatura y, esta es una característica propia del aire (Olhagaray y Achondo, 1991). Lokke (2012) indica que la baja temperatura es importante para mantener la humedad alta y así prevenir la pérdida de agua por parte del vegetal. Según Krarup *et al.* (2008) y Wang (2003) señalan como óptimo entre 95 a 100% HR. Según Agüero *et al.* (2007), el ambiente óptimo de postcosecha para las lechugas debe poseer de 97 a 99% HR.



La tasa de pérdida de humedad es primeramente controlada por la diferencia de presión de vapor de agua existente entre el aire en los espacios intercelulares de la planta y el aire que la rodea (Thompson, 2002).

Según Price y Floros (1993, citados por Escalona, 1997), en envases, se usan polímeros con alta impermeabilidad al vapor de agua para evitar la pérdida de humedad interna del producto. Sin embargo, la integridad del envase está comprometida por defectos de sellado, perforaciones, grietas, etc. que producen desecación y deterioran la calidad, por esta razón, es importante mantener una humedad relativa alta de manera de disminuir la evaporación.

El envasado de hortalizas frescas es práctico desde el punto de vista de la manipulación, pero también es una muy efectiva forma de prevenir pérdidas de agua y hojas deshidratadas (Ares *et al.*, 2008). Un envasado efectivo previene la pérdida de agua, pero también modifica la atmósfera de envasado (Lokke, 2012).

### **Atmósfera de almacenaje**

El etileno es una fitohormona natural en el crecimiento de la planta y que tiene numerosos efectos sobre el crecimiento, desarrollo y vida en postcosecha de muchas frutas y hortalizas. Los efectos detrimentales del etileno sobre la calidad se centran en alterar o acelerar el proceso natural de desarrollo, maduración y senescencia (Saltveit, 1998). Guiboileau *et al.* (2010) indican que en las hojas muy jóvenes el etileno no es capaz de inducir su senescencia, pero cuando las hojas llegan a un nivel determinado de madurez, el etileno inducirá su senescencia, y a medida que esta senescencia progresa, este proceso será independiente a la presencia de etileno. Salisbury y Ross (1992), señalan que el etileno y el ácido abscísico son promotores de la senescencia, mientras que las citoquininas, giberelinas y auxinas inhiben este proceso. Según Chiesa (2010) y Agüero (2011), el etileno se asocia al control de diferentes procesos fisiológicos y está estrechamente vinculado con la senescencia, con el ataque de plagas y enfermedades, y diversos tipos de estrés.

Cantwell y Suslow (1999) señalan que la producción de etileno en lechugas es muy bajo: menor a  $0,1\mu\text{Lkg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ . Spinardi y Ferrante (2011), en un estudio de las hojas de lechuga tipo “baby” encontraron que producen altos niveles de etileno en la cosecha y envasado, y que esta fitosíntesis se redujo en los 7 días de almacenamiento que duró el estudio en igual medida en las lechugas conservadas a  $4^{\circ}\text{C}$  y  $10^{\circ}\text{C}$ .

Según Kim *et al.* (2005), una exposición prolongada de las hojas de lechuga a concentraciones de oxígeno sobre la óptima, aumentarían la actividad respiratoria y el pardeamiento oxidativo, y disminuiría su estabilidad en almacenamiento.

Según Romojaro *et al.* (1996, citado por Martínez, 2010), las bajas concentraciones de  $\text{O}_2$  reducen la producción de etileno, mientras que la acción del  $\text{CO}_2$  sobre la síntesis y los efectos del etileno es compleja y todavía no se ha podido establecer la interacción entre

ambos gases. Las Bajas concentraciones de O<sub>2</sub> pueden llevar a un metabolismo anaeróbico y producir daño en las hortalizas frescas (Beaudry, 2000).

### **Atmósfera modificada**

El uso de AM en lechuga se considera igualmente relevante para mantener su vida postcosecha en góndolas por un período inferior a una semana, ya que disminuye las pérdidas de calidad del producto por pardeamiento y transpiración (Chiesa *et al.*, 2000).

Según Artés (2006), la técnica de AM se aplica como coadyuvante de la refrigeración a temperatura óptima y consiste básicamente en alojar el producto en un envase plástico, flexible o no, dotado de permeabilidad selectiva a los gases metabólicos y cerrado herméticamente.

La temperatura es un factor tan crítico en el desempeño de la AM que, con una variación muy significativa de esta puede incluso hacer más daño que bien (Varoquaux y Ozdemir, 2005).

Según Chiesa (2010), la AM puede reducir la incidencia de los desórdenes fisiológicos, las alteraciones por microorganismos y los deterioros bioquímicos, cada uno de los cuales originan cambios en las características organolépticas, como color, textura y sabor, y en consecuencia a modificaciones en el valor comercial del producto envasado. Según Salveit (2003), una composición óptima de gases en el almacenamiento ocurre cuando la actividad metabólica total es reducida sin inducir defectos en la calidad. Cantwell y Suslow (1999) explican que este fenómeno se debe a que bajas concentraciones de O<sub>2</sub> en la atmósfera reducen las tasas de respiración y también los efectos detrimentales del etileno, como “Russet spotting”.

Salveit (2003), recomienda para las lechugas picadas en general concentraciones entre 1 y 5% O<sub>2</sub> y entre 5 y 20% CO<sub>2</sub>. Escalona (1997), indica que las bolsas de PD961 que concentran 5 a 6% de CO<sub>2</sub> y 3% de O<sub>2</sub> permiten la conservación de lechugas Iceberg picadas por período de 7 días. Según Ryall y Lipton (1972, citados por Pantastico, 1975) las condiciones recomendadas para almacenaje de lechugas enteras en atmósferas controladas son 3-5% O<sub>2</sub> y menor al 1% CO<sub>2</sub>. Estas concentraciones de O<sub>2</sub> previenen el “russet spotting” y también produce demora en la decoloración de la zona de corte del tallo. Saltveit (1997) define como óptimo para lechugas entre 1 a 3% de O<sub>2</sub> y 0% de CO<sub>2</sub>.

Varoquaux *et al.* (1996) determinaron que manteniendo las concentraciones de CO<sub>2</sub> dentro de los envases menores a 5%, resultó ser mejor para la preservación de lechugas mantecosas picadas.

### **Envases para atmósfera modificada**

En general existen tres tipos de formato que son más comúnmente usados de envases de AM para productos vegetales: envase flexible, envase rígido y envase activo/inteligente (Toivonen *et al.*, 2009). Las tasas de transmisión de CO<sub>2</sub> son generalmente más altas que las de O<sub>2</sub> en películas plásticas no perforadas ya que su gradiente de concentración es mayor a través de la película (Mangaraj *et al.*, 2009). Kader y Salveit (2003) indican que tanto la solubilidad como la difusividad de cada tipo de gas es importante para su difusión a través de películas barrera, y que el CO<sub>2</sub> se mueve más rápido que el O<sub>2</sub>, mientras que la tasa de difusión del CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> son similares.

Moreira *et al.* (2006) señalan que las lechugas al mantenerlas en envases de polietileno cerrados con muy baja permeabilidad al vapor de agua y con una HR sobre el 98%, la pérdida de peso se debería a la respiración del producto. Schlimme y Rooney (1997, citados por Mónaco *et al.*, 2005) señalan que una humedad relativa próxima al 100% dentro del envase puede originar condensación de agua que se deposita sobre la superficie del producto produciendo pérdidas de calidad debido a decoloraciones, disminución de la concentración de vitaminas y aumento de podredumbres mediante un crecimiento acelerado de microorganismos.

Fossaert (1999), indica que el envase de AM debe tener como características una alta permeabilidad, una relación de permeabilidad CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> entre 3 y 5, una buena transparencia y brillo, tratamiento anti-vapor que impide la acumulación de gotas de agua en su interior, ser resistente y ligero, sellado a temperatura relativamente baja, no tóxico, fácil de manipular y con una etiqueta fácil de imprimir. Según Fonseca *et al.* (2002), si el envase para AM está diseñado correctamente, la natural interrelación entre la respiración del producto y el traspaso de gases a través del material del envase lleva a una atmósfera rica en CO<sub>2</sub> y pobre en O<sub>2</sub> la cual reduce potencialmente la tasa de respiración, sensibilidad y producción de etileno, pudrición y cambios fisiológicos y químicos como la oxidación.

Se sabe que la masa del producto, su estado de madurez, la temperatura, la concentración de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno afectan a la respiración neta del producto envasado, mientras que el tipo de material plástico, su grosor y área, así como la temperatura, humedad relativa y los gradientes de concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a través de la película del envase, afectan a la permeabilidad (Prince, 1996).

Smith *et al.* (1998, citados por Kim *et al.*, 2005) señalan que grandes variaciones en las tasas de respiración del producto suelen dar concentraciones de O<sub>2</sub> muy altas o muy bajas en el interior del envase, produciendo el desarrollo de decoloración de tejido cuando el O<sub>2</sub> está en exceso y daño cuando la concentración de CO<sub>2</sub> es excesiva.

El equilibrio de envasado se define como el punto en que las velocidades de generación de CO<sub>2</sub> y consumo de O<sub>2</sub> por el producto envasado se igualan con las velocidades de pérdida de estos gases a través de las paredes del envase a una temperatura dada (Prince, 1996).

El uso de películas plásticas con baja permeabilidad, permite desarrollar un producto estabilizado en una AM, a través de la respiración y disminuir la deshidratación que provoca marchitez y pérdida de turgor, junto con fragilidad (McDonald y Risse, 1990).

El mayor riesgo del envase para AM según Lokke (2012), es la iniciación de la respiración anaeróbica, resultando la formación de acetaldehído, etanol y ácidos. Ji *et al.* (2005) señalan, que cuando la permeabilidad de una película plástica no es apropiada para la tasa de respiración del producto, dentro del envase puede ocurrir un vaciado de O<sub>2</sub> y un enriquecimiento de CO<sub>2</sub>, lo que llevaría a una respiración anaeróbica, y en consecuencia a una acumulación de gases de la fermentación o, exceso de O<sub>2</sub> que puede aumentar el pardeamiento oxidativo y la senescencia. Prince (1996) señala que el almacenamiento en envases con una incorrecta relación entre permeabilidad y masa de producto a temperaturas de refrigeración puede parecer que funcionan bien, pero lo que ocurre en realidad es que el frío ralentiza el consumo de oxígeno contenido inicialmente en el espacio de cabeza, lo que retrasa la consecución del equilibrio anaeróbico final. Tales envases se tornan rápidamente en anaerobios al transferirlos a temperaturas más elevadas.

Mónaco *et al.* (2005) recomiendan la película PD961 para el empleo con lechugas en AM por ser un material permeable al etileno y su baja opacidad que permite una mejor observación del producto por el consumidor.

Escalona (1997), comparó tres tipos de envases usados en lechugas Iceberg picadas, encontrando que las bolsas PD961 fueron las que lograron concentraciones de O<sub>2</sub> más altas (1,99% a los 10 días de almacenaje a 4°C).

A 1°C las lechugas tipo Romana envasadas en bolsas de PE con y sin incorporación inicial de N<sub>2</sub>, se conservaron mejor que las almacenadas en aire. Al incorporar N<sub>2</sub> se obtuvieron mejores resultados porque, presumiblemente, la concentración de O<sub>2</sub> bajó más rápidamente. La composición de las atmósferas resultantes en el interior de las bolsas fue 2-3 % de CO<sub>2</sub> y 12-13 % O<sub>2</sub> (Prince, 1996).

## MATERIALES Y MÉTODO

### Materiales

Para este estudio se utilizaron tres cultivares de lechugas tipo “baby” (*Lactuca sativa* L.), pertenecientes a variedades Romana verde, Mantecosa y hoja de Roble Roja proporcionados por la empresa de semillas Asgrow. Las lechugas se cultivaron en un sistema hidropónico de raíz flotante en primavera en el sector experimental de Fitotecnia, perteneciente al Departamento de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Durante el cultivo se presentaron temperaturas medias máximas de 22°C y mínimas de 7°C. La cantidad de fertilizantes solubles utilizada para cada mesa de cultivo se presenta en el Anexo 2.

El estudio de postcosecha se realizó en el Laboratorio del Centro de Estudios Postcosecha de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Las lechugas se conservaron a 4°C y 10°C en cámaras limpias y desinfectadas previamente por aspersión de una solución de hipoclorito de sodio al 0,4%.

Los cultivares utilizados fueron los siguientes (Figura 1):

A.- GX906: Presenta hoja de color verde con margen rizado (tipo Romana Verde).

B.- DRIFTER: Presenta hoja de color verde (tipo Mantecosa).

C.- VALENCIA: Presenta hoja tipo encina de color rojo (tipo hoja de Roble Roja).

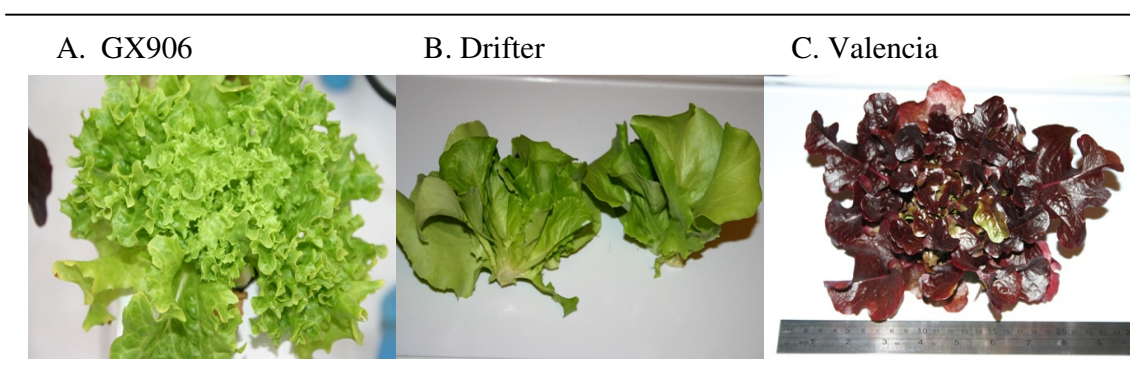


Figura 1. Cultivares utilizados.

La cosecha de cvs. GX906 y Drifter se realizó a los 30 días y el cv. Valencia a los 33 días desde el trasplante. La cosecha del cultivar GX906 se realizó al ocultarse el sol, aproximadamente 7 pm. Para los cultivares Drifter y Valencia fue a primeras horas del día, aproximadamente 8 am. Posteriormente las lechugas fueron llevadas inmediatamente al

laboratorio, construcción adyacente al lugar de cultivo, cuya temperatura ambiente fue de 15°C aproximadamente.

Para el envasado se utilizó bolsas plásticas transparentes de:

- polietileno de baja densidad de 0,03mm de espesor (PE, fabricación nacional). Esta película presenta valores de transmisión para el CO<sub>2</sub> de 27.000 - 40.000 mL/m<sup>2</sup>día y para el O<sub>2</sub> de 5.000 - 11.000 mL/m<sup>2</sup>día a 1 atmósfera de presión y 23°C de temperatura (Galotto *et al.*, 1999).
- polietileno de baja densidad de 0,03mm de espesor con perforaciones (PEP, fabricación nacional). Como testigo.
- poliolefina coextruida de 0,015mm de espesor (PD961, Cryobac). Para el CO<sub>2</sub> presenta valores de transmisión de 19.000 - 22.000 mL/m<sup>2</sup>día y para el O<sub>2</sub> de 6.000 - 8.000 mL/m<sup>2</sup>día a 1 atmósfera de presión y 23°C de temperatura (Mónaco *et al.*, 2005).

La forma de las bolsas buscó una incorporación fácil del producto en la bolsa, una mejor exposición y una disposición de la lechuga en la bolsa que brindara un menor riesgo de daño mecánico. Los detalles y dimensiones de las bolsas se presentan en Apéndice 1.

## Método

Se realizó una selección visual de las lechugas, dejando aquellas lechugas enteras uniformes en tamaño y forma y se eliminaron las hojas que presentaron un color no característico, poca turgencia, daños físicos y podredumbres. Luego se procedió al corte del tallo para la remoción de la raíz, corte que se realiza sobre ella.

## Caracterización de los cultivares

Previo al estudio de postcosecha, a las lechugas ya seleccionadas y limpias se les llevó a cabo una caracterización, tomando una muestra representativa de 12 lechugas de cada cv. a las cuales se le realizaron evaluaciones de parámetros físicos, como se señala a continuación:

- **Peso:** Se determinó el peso fresco de la parte aérea comercial con una balanza digital (Radweg modelo AS100/C/2, Polonia) con 0,1g de precisión. El resultado se expresó en g.

- **Tamaño:** Se midió el largo desde la base hasta el extremo distal de las hojas en lechugas seleccionadas con una regla graduada y se expresó en cm.

- **Tallo:** Se midió su altura. Esta medición se tomó realizando un corte longitudinal de la lechuga, lo cual dejó al descubierto el tallo para ser medido con regla graduada y se expresó en cm.
- **Color:** Se evaluaron tanto las hojas internas, centrales y externas mediante el uso de un colorímetro (Minolta modelo CR200, Japón). Los puntos medidos corresponden a las láminas de las hojas y se expresaron en L, a\* y b\*.
- **Forma de las hojas:** Se caracterizaron visualmente, utilizando como base los parámetros de clasificación morfológica de la Publicación docente N°3, de la Universidad de Chile (Anexo 1).

### **Manipulación y procedimiento**

La selección de las lechugas fue realizada en la sala de manipulación, previamente higienizada, donde se trabajó a una temperatura de 15°C aproximadamente. Los utensilios fueron higienizados con una solución de hipoclorito de sodio.

Luego se procedió a la preparación de las muestras siguiendo los pasos detallados a continuación:

- **Lavado de lechugas:** A la mitad de las muestras se les realizó un lavado con agua potable a una temperatura de 17°C por 1 minuto, con el fin de retirar cualquier material extraño. Luego se lavaron por inmersión en agua potable a una temperatura de 5°C por 15 segundos, con el fin de reducir la temperatura de las muestras.
- **Centrifugado:** Las lechugas lavadas fueron centrifugadas en un canasto de 20 cm de diámetro a una velocidad de 750 rpm por 2 minutos en una centrífuga eléctrica (Sindelen modelo KOH-I-NOOR 550, Chile).
- **Envasado:** Una vez realizados los tratamientos, las lechugas enteras sin raíz se envasaron individualmente en cada bolsa y se procedió a sellarlas por calor (TEW Heating Equipment Co. modelo Impulse Sealer, Taiwán).
- **Almacenamiento:** Las lechugas de cada tratamiento, se almacenaron verticalmente con el tallo para abajo en bandejas plásticas en una cámara a 4°C y 90% HR por 10 días (período de almacenamiento) y terminado este período se llevaron a otra cámara por 1 día a 10°C y 75% HR (período de comercialización).  
Todas las bandejas se dispusieron en un mismo plano. Para mantener los niveles de humedad relativa cercanos a 90% dentro de la cámara, se dispusieron bandejas con agua, se asperjaron las murallas y se mojó el piso con agua potable con frecuencia. La HR fue monitoreada con un registrador de datos (Deltatrak modelo Flash Link mini data Logger, Estados Unidos). En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo de las lechugas del estudio.

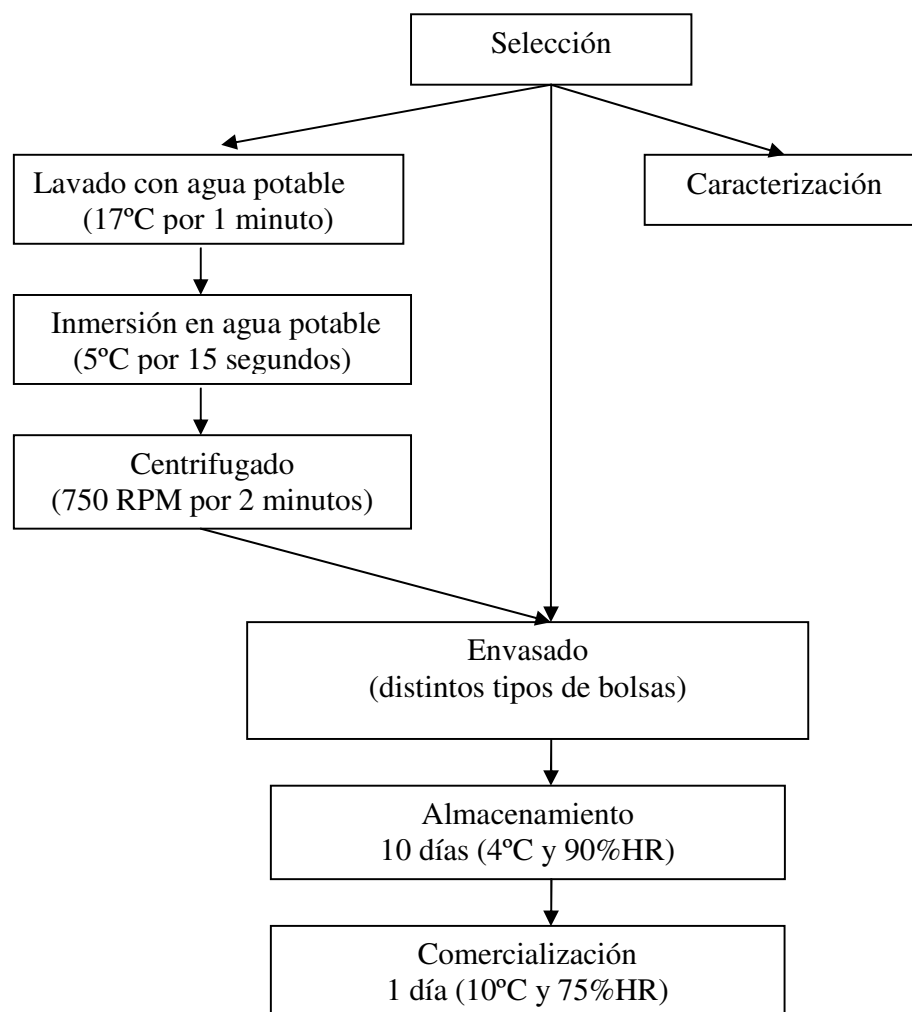


Figura 2. Diagrama de flujo de los ensayos del estudio.

### Medición de composición gaseosa al interior de las bolsas

Luego de 10 días a 4°C y 90% HR se realizaron las mediciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el interior de las bolsas con un cromatógrafo de gases (CG) (Hewlett Packard modelo 5890 series II, Estados Unidos) con detector de conductividad térmica (TCD) columnas Molecular Sieve y Porapak Q y empleando helio como gas acarreador. Para el etileno se empleó otro CG (Perkin Elmer modelo autosystem, China) con detector de ionizador de llama, columna Porapak Q y nitrógeno como acarreador. Se tomaron muestras de 5 mL de la mezcla gaseosa del interior de cada envase mediante una jeringa para cada CG (10mL en total). Tras la toma de la muestra gaseosa la perforación sobre la bolsa fue cubierta



inmediatamente con una cinta adhesiva. Posteriormente las bolsas se trasladaron a una condición de 10°C y 75% HR por 24 horas (período de comercialización) antes de una segunda medición de gases en el interior de las bolsas (similar procedimiento al realizado anteriormente).

### Determinación de parámetros de calidad

Luego de los 10 días a 4°C y 90% HR (período de almacenamiento) y después de 1 día a 10°C y 75% HR (período de comercialización), se evaluaron los siguientes parámetros:

- **Pérdida de peso:** Se tomaron los pesos de cada una de las lechugas tanto en la cosecha como al fin del período de almacenaje, obteniéndose la pérdida de peso mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = 100 \left[ \frac{\text{peso a cosecha} - \text{peso luego de almacenaje}}{\text{peso a cosecha}} \right]$$

- **Desarrollo de tallo:** Se midió la longitud de tallo de las lechugas de igual manera que se realizó en la caracterización, y se compararon con estas.

- **Color:** Se evaluaron cambios de color tanto en las hojas internas, centrales y externas mediante el uso de un colorímetro marca Minolta modelo CR200 en comparación con lecturas de la caracterización siguiendo la misma metodología.

- **Turgencia:** Se evaluó según apreciación visual, usando una escala de valores desde 1 a 4 (Cuadro 1).

- **Pudrición:** Se evaluó el estado de pudrición de las lechugas por medio de estimación visual y haciendo uso de una escala arbitraria, con notas desde 1 a 4 (Cuadro 2).

- **Desórdenes fisiológicos:** se evaluaron los cambios sufridos por las lechugas en la coloración no atribuibles a microorganismos por apreciación visual según superficie afectada (cubrimiento) e intensidad (mayor o menor grado de coloración) utilizando escalas arbitrarias para cada parámetro (cuadros 3 y 4).

Cuadro 1. Escala para evaluación de turgencia para lechugas.

Escala	Descripción
1	Frescas, turgentes
2	Marchitez leve
3	Marchitez moderada
4	Marchitez severa

Cuadro 2. Escala para evaluación de estado pudrición según grado de presencia para lechugas tipo "baby" cvs. GX906, Drifter y Valencia.

GX906	Drifter	Valencia
Escala		
1 No existe pudrición, color y textura característica		
2 Leve pudrición, afecta margen de hojas		
3 Moderada pudrición, afecta las hojas externas		
4 Severa pudrición, afecta hojas externas e internas		

Cuadro 3. Escala para evaluación de desórdenes fisiológicos según superficie afectada de las hojas de lechuga.

Escala	Descripción
1	No existe desorden
2	Afecta nervadura solamente
3	Afecta nervadura y menos del 25% de la lámina
4	Afecta entre 25 y 50% de la lámina
5	Afecta más del 50% de la lámina

Cuadro 4. Escala para evaluación de desórdenes fisiológicos según intensidad en las hojas de lechuga.

Escala	Descripción
1	No existe desorden, color característico.
2	Incipiente, color amarillo pálido.
3	Leve, color rosado pálido.
4	Moderado, color rosado-pardo
5	Severo, color pardo oscuro.

### Diseño de experimentos y análisis estadístico

Se utilizó un diseño estadístico del tipo factorial 3 x 2 completamente al azar para cada ensayo (Cuadro 5). El primer factor correspondió al tipo de AM que se formó al interior de cada tipo de bolsa y el segundo, al lavado o no de las lechugas. La unidad experimental en los 3 ensayos correspondió a 1 lechuga. Se realizaron 8 repeticiones por tratamiento.

Se realizaron 3 ensayos, uno para cada cultivar: GX906, Drifter y Valencia. Cada ensayo se analizó de forma independiente.

Para el análisis estadístico, los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA). Las diferencias encontradas fueron sometidas a la prueba de Tukey, todo con un nivel de significancia del 95%.

Todos los resultados de las evaluaciones fueron analizados estadísticamente mediante el software estadístico InfoStat versión 2013.

Cuadro 5. Tratamientos realizados por ensayo.

Tratamientos	Tipo de envase	Lavado y centrifugado
1	PE <sup>1</sup>	Sí
2	PE	No
3	PEP <sup>2</sup>	Sí
4	PEP	No
5	PD961 <sup>3</sup>	Sí
6	PD961	No

<sup>1/</sup> Polietileno. <sup>2/</sup> Polietileno perforado. <sup>3/</sup> Nombre comercial de poliolefina coextruida (Cryovac).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de los cultivares

#### Peso, tamaño y tallo

El peso fresco de las lechugas utilizadas para la caracterización, así como la longitud de las hojas, el largo de tallo y la temperatura de pulpa a cosecha se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Peso, longitud de hojas, largo de tallo y temperatura de pulpa de lechugas tipo “baby” cvs. GX906, Drifter y Valencia utilizadas para la caracterización. Los valores son el promedio de las mediciones  $\pm$  Error Estándar.

	GX906	DRIFTER	VALENCIA
Peso (g)	201,0 $\pm$ 7,3	155,0 $\pm$ 4,6	154,1 $\pm$ 4,0
Alto <sup>1</sup> (cm)	16,6 $\pm$ 0,3	15,0 $\pm$ 0,3	22,4 $\pm$ 0,4
Largo tallo <sup>2</sup> (cm)	3,8 $\pm$ 0,1	2,7 $\pm$ 0,1	3,2 $\pm$ 0,1
Temperatura (°C)	19,3 $\pm$ 0,1	16,9 $\pm$ 0,1	15,4 $\pm$ 0,3

<sup>1/</sup> Corresponde al largo desde el corte basal hasta el ápice de las hojas más grandes.

<sup>2/</sup> Corresponde al largo desde el corte basal hasta el ápice del tallo.

#### Color de las hojas

El promedio del color medido en parámetros L, a\* y b\* de las hojas de las lechugas para la caracterización se presenta en el Cuadro 7.

Según Agüero (2011) al caracterizar el color de lechugas mantecosas cv. Lores, y Ozgen y Sekerci (2011), lechugas verdes cv. Freckles y cv. Filipus (Romanas), cv. Fonseca (batavia) y cv. Krizet (hoja de Roble) encontraron:

- los mayores valores de L (más claro) en la sección interna de las lechugas disminuyendo hacia el exterior.
- las hojas externas y centrales presentaron valores más negativos de a\* (más verde).
- los mayores valores de b\* (más amarillo) se encontraron en las hojas internas más que en las centrales y externas.

Estos datos concuerdan con la caracterización realizada del cv. Drifter (Mantecosa), excepto en los valores de a\*. En el cv. GX906 (Romana) solo se concuerda con los valores de b\*.

Cuadro 7. Color de las hojas medido en parámetros L, a\* y b\* de lechugas tipo “baby” cvs. GX906, Drifter y Valencia utilizadas para la caracterización. Los valores son el promedio de las mediciones.

cvs.	Parámetro Color	Hoja Externa	Hoja Central	Hoja Interna
GX906	L	53,0	51,7	52,7
	a*	-14,9	-15,1	-14,6
	b*	29,6	29,6	28,7
Drifter	L	48,4	51,0	56,0
	a*	-14,0	-14,9	-14,8
	b*	24,0	26,9	34,8
Valencia	L	45,5	42,4	43,2
	a*	-1,1	-1,4	-1,5
	b*	11,8	9,9	10,5

Mónaco *et al.* (2005) al caracterizar color de lechugas frescas tipo mantecosa encontró valores de L entre 57 y 59, y de a\* -19 y -18. Del Nobile *et al.* (2006) en lechugas tipo Romana verde encontró valores de L entre 31,9 y 37,1, y de a\* entre -11,6 y -7,2. Estos valores bibliográficos no concuerdan con los registrados en este estudio.

Ozgen y Sekerci (2011) al caracterizar el color de lechugas cv. Paradai (hoja Roble Roja) encontró:

- los mayores valores de L (más claro) en la sección interna de las lechugas disminuyendo hacia el exterior (49,1 a 31,1).
- las hojas internas y centrales presentaron valores más negativos de a\*, observando en hojas exteriores valores positivos (-3,5 a 3,9).
- los mayores valores de b\* (más amarillo) en hojas internas que en las centrales y externas (25,2 a 9,3).




Aunque los valores de L, a\* y b\* vistos en el cv. Valencia entran en este rango, solo el parámetro a\* concordó con la variación según posición de la hoja.

Todas estas diferencias podrían deberse a que las lechugas utilizadas en este estudio fueron tipo “baby”, las que poseen principalmente hojas inmaduras, presentando una diferencia del estado fisiológico entre hojas internas y externas muy pequeña, mostrando colores verdes similares.

### Forma de las hojas

Utilizando como parámetro de caracterización morfológica la publicación docente N° 3 de la Dirección de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile (1990), se determinó la morfología de la parte comercial de las lechugas en estudio (Cuadro 8).

Cuadro 8. Descripción morfológica de las hojas de lechugas tipo “baby” cvs. GX906, Drifter y Valencia utilizadas para la caracterización.

Descripción hojas	 GX906	 Drifter	 Valencia
Ápice	Obtuso	Obtuso	Retuso
Nervadura	Reticulada	Reticulada	Reticulada
Margen	Serrado doble	Simple	Hendido
Composición lámina	Simple	Simple	Simple
Simetría	Simétrica	Simétrica	Simétrica
Forma general lámina	Reniforme	Elíptica	Hastada
Cubierta	Glabra	Glabra	Glabra
Consistencia	Foliosa	Foliosa	Foliosa
Forma base	Cuneada	Cuneada	Cuneada

### Composición gaseosa al interior de las bolsas

Los envases PEP al ser perforados mostraron concentraciones internas cercanas a las presentes en las cámaras de almacenaje (aire).

En el estudio realizado, no se encontraron niveles de etileno presentes en las bolsas de polietileno perforado, lo que sirvió para verificar la no presencia de etileno exógeno a las lechugas presente en las cámaras de almacenamiento. La concentración de etileno en la atmósfera suele ser inferior a 0,01  $\mu\text{L/L}$  (Wills, 1984).

**GX906.** Entre los envases PE y los PD961 hubo una diferencia significativa en sus concentraciones de  $\text{O}_2$  internos, encontrándose los más altos en PD961. Las diferencias en la concentración de  $\text{O}_2$  pueden explicarse a través de la permeabilidad diferencial de las distintas películas plásticas (Heimdal *et al.*, 1995 citado por Escalona, 1997).

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con y sin lavado en las concentraciones de  $\text{O}_2$ . Los tratamientos con lavado lograron concentraciones de oxígeno internas mayores (Cuadro 9).

La mayor reducción en la concentración de  $\text{O}_2$  luego del día de comercialización a una temperatura de 10°C y 75% de humedad relativa, ocurrió en los envases PE, llegando hasta 12,2%.

Cuadro 9. Concentración de gases (%) al interior de los envases de lechugas tipo “baby” cv. GX906 luego de almacenamiento por 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	GX906					
	O <sub>2</sub> (%)		CO <sub>2</sub> (%)		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ppm)	
	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C	10 días A 4°C	+ 1 día a 10°C	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C
1. PE c/ lavado	12,9 a <sup>1</sup>	12,6 a	2,2 a	2,8 a	0,1 a	0,2 a
2. PE s/ lavado	12,6 b	12,2 b	2,3 a	3,1 b	0,1 a	0,2 b
3. PEP c/ lavado	19,3 c	19,3 c	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 c
4. PEP s/ lavado	19,5 c	19,4 c	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 c
5. PD961 c/ lavado	17,3 d	16,9 d	1,6 c	2,2 d	0,2 ac	0,2 bd
6. PD961 s/ lavado	15,7 e	15,4 e	1,9 d	2,4 e	0,2 c	0,3 d

<sup>1</sup> Letras diferentes significan diferencia significativa  $p < 0,05$  entre tratamientos para cada ensayo.

Se encontró una diferencia significativa en la concentración de CO<sub>2</sub> según tipo de bolsa utilizada, las más altas se midieron al interior de los envases PE, que llegó a 2,3% luego de los 10 días de almacenamiento y hasta 3,1% a los 11 días. Las concentraciones alcanzadas en el estudio caen dentro de los márgenes determinados por Varoquaux *et al.* (1996) y Escalona (1997). Este último logró la conservación en buen estado de lechugas Iceberg picadas por un período de 7 días con concentraciones de dióxido de carbono entre 5 y 6%.

Entre los tratamientos con y sin lavado se encontró una diferencia en las concentraciones internas de CO<sub>2</sub> luego de 10 días de almacenamiento en los envases PD961 y tras el día de comercialización en ambos envases no perforados. Las mayores concentraciones las presentaron los tratamientos sin lavado.

En las concentraciones de etileno al interior de los envases PE y PD961 se encontró diferencias entre tratamientos con y sin lavado tras el período de comercialización, registrando las mayores en los sin lavado. La mayor concentración se obtuvo en el envase PD961 llegando a 0,3ppm.

**Drifter.** Se encontraron diferencias significativas de las concentraciones de O<sub>2</sub> entre tipos de bolsa y tratamientos con y sin lavado. Los tratamientos en bolsas PE y los sin lavado lograron siempre las concentraciones más bajas (Cuadro 10).

Diferencias significativas se hallaron entre tipo de bolsa utilizada y tratamientos con y sin lavado en las concentraciones de CO<sub>2</sub>. Las menores se encontraron en bolsas PE y en tratamientos con lavado.

Tras la comercialización a una temperatura de 10 °C, las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> y las menores de O<sub>2</sub> se encontraron al interior de las bolsas PD961.



Cuadro 10. Concentración de gases (%) al interior de los envases de lechugas tipo "baby" cv. Drifter luego de almacenamiento por 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	Drifter					
	O <sub>2</sub> (%)		CO <sub>2</sub> (%)		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ppm)	
	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C
1. PE c/ lavado	16,3 a <sup>1</sup>	15,1 a	1,8 a	2,8 a	0,1 a	0,3 a
2. PE s/ lavado	14,3 b	13,3 b	2,0 b	2,9 a	0,2 b	0,3 a
3. PEP c/ lavado	20,9 c	20,9 c	0,0 c	0,3 b	0,0 c	0,0 b
4. PEP s/ lavado	20,9 c	20,7 d	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 b
5. PD961 c/ lavado	15,8 d	14,1 e	2,3 d	3,3 d	0,2 d	0,3 a
6. PD961 s/ lavado	15,1 e	13,7 f	2,4 e	3,5 e	0,3 e	0,3 a

<sup>1/</sup> Letras diferentes significan diferencia significativa  $p < 0,05$  entre tratamientos para cada ensayo.

Las concentraciones internas de etileno luego del período de almacenamiento de 10 días a 4°C mostraron una diferencia significativa entre las distintas bolsas y tratamientos con y sin lavado, siendo los tratamientos en bolsas PD961 y los sin lavado los que obtuvieron concentraciones mayores. Luego del día de comercialización a 10°C y 75% HR las concentraciones tendieron a igualarse no encontrándose diferencia entre tratamientos.

**Valencia.** Según las mediciones efectuadas tras el almacenamiento en frío y la comercialización a la concentración de gases de la atmósfera interna de los envases de las lechugas de este cultivar, se encontró una diferencia significativa entre los envases PE y PD961. Mostrando estos últimos las menores concentraciones de O<sub>2</sub> y mayores de CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Cuadro 11).

Se encontró una diferencia significativa entre tratamientos con y sin lavado en las concentraciones de O<sub>2</sub>. Las mayores concentraciones se encontraron en los tratamientos con lavado. Las menores concentraciones de O<sub>2</sub>, presentes en los envases de PD961, se registraron en el tratamiento sin lavado, en el cual a los 10 días de almacenamiento presentó concentraciones del orden de 10%, llegando tras la comercialización hasta un 8,8%.

En las concentraciones internas de CO<sub>2</sub> se encontró una diferencia significativa entre tratamientos lavados y no lavados. Las mayores correspondieron a los envases que contenían a las lechugas no lavadas, llegando a concentraciones de 2,6 y 3,9% en los envases de PE y PD961 respectivamente tras los períodos de almacenamiento y comercialización.

Las mayores concentraciones de etileno en las bolsas se encontraron en los envases de PD961, siendo el tratamiento con lavado el que presentó el más alto. En este caso llegó a 0,7ppm de etileno en el interior de estas bolsas tras los períodos de almacenamiento y comercialización.

Cuadro 11. Concentración de gases (%) al interior de los envases de lechugas tipo “baby” cv. Valencia luego de almacenamiento por 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	Valencia					
	O <sub>2</sub> (%)		CO <sub>2</sub> (%)		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ppm)	
	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C	10 días a 4°C	+ 1 día a 10°C
1. PE c/ lavado	15,5 a <sup>1</sup>	15,0 a	1,4 a	2,3 a	0,2 a	0,3 a
2. PE s/ lavado	14,5 b	13,6 b	1,9 b	2,6 b	0,2 a	0,4 a
3. PEP c/ lavado	21,0 c	20,9 c	0,1 c	0,1 c	0,0 b	0,0 b
4. PEP s/ lavado	20,9 c	20,9 c	0,2 d	0,2 c	0,0 b	0,0 b
5. PD961 c/ lavado	11,2 d	10,3 d	2,2 e	3,2 d	0,5 c	0,7 c
6. PD961 s/ lavado	10,0 e	8,8 e	3,1 f	3,9 e	0,5 d	0,5 d

<sup>1</sup> Letras diferentes significan diferencia significativa  $p < 0,05$  entre tratamientos para cada ensayo.

## Determinación de parámetros de calidad

### Pérdida de peso

**GX906.** Las lechugas en bolsas PEP llegaron a una pérdida de peso de hasta 10% luego de los períodos de almacenamiento y comercialización, evidenciando la deshidratación en las hojas externas (Cuadro 12).

No se encontró una diferencia significativa en la pérdida de peso entre tratamientos de bolsas PE y PD961 luego del período de almacenamiento por 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR, no superando el 2% en ambos casos (Cuadro 12).

Aún cuando todos los tratamientos con lavado presentaron menor pérdida de peso, sólo en las lechugas de bolsas PEP se encontró una diferencia significativa.

**Drifter.** Los valores de pérdida de peso alcanzados por las lechugas de los envases PEP llegaron al 13,2% luego de los períodos de almacenamiento y comercialización (Cuadro 12).

Se encontró una diferencia significativa entre tratamientos con y sin lavado en envases PE y PEP, obteniendo las menores pérdidas los con lavados. El agua libre remanente en las lechugas habría aumentado la humedad al interior de los envases reduciendo la pérdida de peso de las lechugas.

Los tratamientos de las bolsas PE y PD961 presentaron resultados similares. En ambos envases se mantuvo la pérdida de peso menor a 2%.

**Valencia.** La mayor pérdida de peso fue observada con los envases PEP, llegando a niveles cercanos al 14% (Cuadro 12). En los envases de PE y PD961 se presentaron resultados muy similares, encontrándose una diferencia significativa entre los tratamientos con y sin lavado. Los de menor pérdida de peso correspondieron a los con lavado, registrando porcentajes alrededor de 0,8% luego de 11 días de almacenaje.

En los tres ensayos se encontraron las mayores pérdidas de peso en las lechugas de las bolsas PEP, con un nivel de significancia del 95% (Cuadro 12). Las perforaciones del envase serían el motivo por el cual hubo una mayor pérdida de peso al presentar concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> cercanas a las del aire y alcanzando probablemente un menor porcentaje de HR que en el interior de los envases no perforados.

Según Krarup (1985), el porcentaje máximo permisible de pérdida de agua para que las lechugas no pierdan calidad ni frescura es de 3%. En este estudio se determinó que las lechugas incluso con pérdidas cercanas al 2,3% mantuvieron una apariencia y condición comercial aceptable. Solo las lechugas en bolsas PEP presentaron mayores problemas de deshidratación.

Cuadro 12. Pérdida de peso (%) de lechugas tipo “baby” cvs. GX906, Drifter y Valencia luego de almacenamiento por 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento ± Error Estándar.

Tratamiento	GX906		Drifter		Valencia	
	promedio (%) ± E.E.		promedio (%) ± E.E.		promedio (%) ± E.E.	
1. PE c/lavado	1,2 ± 0,1	a <sup>u</sup>	0,4 ± 0,1	a	0,7 ± 0,1	a
2. PE s/lavado	1,6 ± 0,3	a	1,9 ± 0,1	b	2,2 ± 0,1	b
3. PEP c/lavado	5,9 ± 0,3	b	8,3 ± 0,5	c	13,7 ± 0,5	c
4. PEP s/lavado	9,9 ± 0,6	c	13,2 ± 0,7	d	13,7 ± 0,4	c
5. PD961 c/lavado	1,1 ± 0,1	a	0,6 ± 0,0	ab	0,8 ± 0,1	a
6. PD961 s/lavado	1,5 ± 0,1	a	1,0 ± 0,1	b	2,3 ± 0,2	b

<sup>u</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas para p < 0,05 para cada cv.

### Desarrollo de tallo

**GX906.** El largo que los tallos presentaron al realizarse la caracterización de una unidad de muestreo de 12 lechugas el mismo día en que se cosecharon fue de 3,8cm (Cuadro 6). Al finalizar el estudio, las lechugas registraron un largo de tallo aproximado de 3,9cm, presentando una elongación de 2,1% en promedio.

**Drifter.** Las longitudes medidas al final del estudio dieron un promedio de 2,9cm. Si se compara este dato con la medición realizada para la caracterización (Cuadro 6), se tiene que al término del estudio las lechugas se elongaron aproximadamente 7,2% en promedio.

**Valencia.** El largo del tallo observado para la caracterización fue 3,2cm (Cuadro 6). Al término del estudio se llegó a un promedio de 3,4cm, lo que representó una elongación del 6,6%.

Los resultados obtenidos en estos tres ensayos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos luego de un período de almacenamiento de 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR.

La diferencia en el desarrollo del tallo que se registró al término del estudio entre los distintos cultivares, puede ser debido a su estado fisiológico. Probablemente algunas estaban más cerca de la floración, donde se presenta una elongación del tallo. Krarup (1985) indica que durante el período de postcosecha, las hortalizas presentan múltiples manifestaciones y cambios de su compleja actividad metabólica. Entre estos indicadores de vitalidad, menciona la cicatrización de heridas, crecimiento de yemas, pérdida de clorofila, cambios texturales, y muchos otros.

### **Parámetros de color**

#### **GX906.**

- Parámetro L: En este cultivar se observó una disminución de los valores L en todas sus hojas al utilizar los tres tipos de envases estudiados, durante un almacenamiento de 10 días a 4°C y 90%HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Esto se traduce en un oscurecimiento de los tejidos de las hojas. El mayor cambio en el valor L lo experimentaron las lechugas de los envases PEP, variando entre un 8,7 a 10,8%, y el menor cambio correspondió a las de las bolsas PD961, entre 5,7 a 6,8% (Cuadro 13). Esto se podría deber a que la AM benefició la mantención del color de las hojas de las lechugas, siendo la obtenida en las bolsas PD961 la de mejor resultado para este cultivar.

En las hojas externas, solo en las lechugas de los envases PEP se encontró una diferencia significativa entre tratamientos con y sin lavado, obteniendo las con lavado valores 1,2% mayores con un promedio de 48,6.

En las hojas centrales e internas se encontró una diferencia significativa del valor de L entre tratamientos con y sin lavado en los envases PE y PEP. Los tratamientos con lavado en bolsas PE fueron más eficaces manteniendo el color de las lechugas, sin embargo en los PEP ocurrió lo contrario. Esto podría explicarse por el daño de manipulación de las lechugas al ser lavadas. Según Luna (2012), una centrifugación excesiva en tipos de lechuga muy frágiles puede producir daños en el tejido con pérdida de exudado y ablandamiento. A esto se le debe sumar la atmósfera similar al aire con menor HR obtenida en estos envases.

- Parámetro a\*: Los valores de a\*, siendo negativos en todo momento, presentaron un aumento en los tres tipos de bolsas usados, lo que se traduciría en una pérdida del color verde (Cuadro 13). Según Reid (1992, citado por Escalona, 1997), señala que la

disminución de la pigmentación verde puede deberse a la acción del etileno acumulado en el interior de las bolsas el cual destruye la clorofila.

En las hojas externas se encontró una diferencia significativa en el valor  $a^*$  entre tratamientos en bolsas PD961 y el resto, las que, variaron en menor medida de los valores de caracterización. Esto contrasta con la variación en las hojas centrales, donde los tratamientos en bolsas PEP presentaron la menor variación.

Las hojas internas variaron ligeramente respecto al valor medido en las lechugas de la caracterización y no presentaron diferencias entre tratamientos. Esto puede deberse a que al ser hojas jóvenes en pleno crecimiento el etileno no logra producir su senescencia (Guiboileau *et al.*, 2010).

- Parámetro  $b^*$ : Los valores de  $b^*$  al finalizar el estudio tendieron a disminuir, a excepción de las hojas internas, en las que algunas presentaron un aumento. Este aumento fue significativamente mayor en los tratamientos en bolsas PE y PD961 con lavado (Cuadro 13).

En las hojas externas se encontró una diferencia significativa entre tipos de bolsa, siendo el tratamiento que mejor mantuvo el valor de  $b^*$  la bolsa PD961, registrando la menor variación. Esto muestra el beneficio sobre el color que las lechugas mantenidas en AM presentaron empleando esta película plástica.

Cuadro 13. Parámetros de color en hojas (externas, centrales e internas) de lechugas tipo “baby” cv. GX906 en caracterización y a los 10 días de almacenamiento a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	L			a*			b*		
	externa	central	interna	externa	central	interna	externa	central	interna
Caracterización	53,0 a <sup>1</sup>	51,7 a	52,7 a	-14,9 a	-15,1 a	-14,6 a	29,6 a	29,6 a	28,7 a
1. PE c/lavado	48,9 b	48,5 b	48,8 b	-13,8 b	-13,7 b	-14,3 a	27,2 b	27,2 b	29,1 b
2. PE s/lavado	49,1 b	47,8 c	47,7 c	-14,0 bc	-13,8 bc	-14,3 a	26,5 cd	26,8 bc	28,5 a
3. PEP c/lavado	48,6 c	46,1 d	47,3 d	-14,0 bc	-14,6 de	-14,4 a	26,6 d	26,8 bc	27,9 c
4. PEP s/lavado	48,0 d	47,1 e	47,9 c	-14,1 bc	-14,7 ad	-14,5 a	26,1 c	26,6 c	27,8 c
5. PD961 c/lavado	49,9 e	48,3 b	49,7 e	-14,3 cd	-14,1 cf	-14,3 a	28,0 e	27,1 b	30,0 d
6. PD961 s/lavado	50,0 e	48,2 bc	50,0 e	-14,5 d	-14,3 ef	-14,4 a	27,4 b	26,5 c	29,4 b

<sup>1/</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

También en las hojas externas se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con y sin lavado, mostrándose la mayor variación en las hojas sin lavado. Según Hörtensteiner y Kräutler (2011) citados por Lokke (2012), el signo más visible de la descomposición de la clorofila es la pérdida del color verde y la aparición de colores amarillos debido a los pigmentos carotenoides subyacentes.

**Drifter.**

- **Parámetro L:** En todas las hojas se encontró una diferencia significativa entre tratamientos en bolsas PEP y el resto con de los tratamientos (Cuadro 14). Las lechugas PEP presentaron una disminución reflejada en un oscurecimiento de las hojas. Según Castañer *et al.* (1999), la disminución del valor L podría relacionarse con procesos oxidativos que aceleran la senescencia del producto. León *et al.* (2007), en un estudio de lechugas mantecosas cv. Lores en envases PD961 mantenidas a 1 y 8°C durante 8 días observó un incremento del valor L en las hojas enteras hasta el final del período de almacenamiento y un aumento significativo en hojas trozadas con inmersiones en agua. Algo similar con los resultados obtenidos en este estudio.

En hojas externas las lechugas de bolsas PE y PEP presentaron una diferencia significativa en L entre tratamientos con y sin lavado, mostrando el mayor aumento las con lavado. Lo mismo ocurre en las hojas centrales para todos los tipos de bolsa y en las internas para PEP y PD961 (Cuadro 14).

- **Parámetro a\*:** El valor de a\*, que tuvo cifras negativas siempre, presentó una pequeña disminución al término del estudio, lo que se traduce en una mantención del color verde. León *et al.* (2007) en un estudio de lechugas mantecosas cv. Lores en envases PD961 mantenidas a 1 y 8°C durante 8 días observó resultados similares.

En las hojas externas se encontró una diferencia significativa en el valor de a\* entre los tratamientos con y sin lavado en bolsas PEP y PD961. Los valores con mayor variación frente a los de la caracterización se encontraron en los tratamientos con lavado (Cuadro 15).

Cuadro 14. Parámetros de color en hojas (externas, centrales e internas) de lechugas tipo “baby” cv. Drifter en caracterización y a los 10 días de almacenamiento a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	L			a*			b*		
	externa	central	interna	externa	central	interna	externa	central	interna
Caracterización	48,4 a <sup>1</sup>	51,0 a	56,0 ab	-14,0 a	-14,9 a	-14,8 a	24,0 a	26,9 a	34,8 a
1. PE c/lavado	50,1 b	53,8 b	56,5 c	-15,1 b	-15,3 bc	-15,6 b	26,1 b	26,8 b	33,0 b
2. PE s/lavado	49,0 c	51,4 c	56,3 ac	-15,1 b	-15,3 bc	-15,0 ac	26,4 b	27,8 c	33,8 c
3. PEP c/lavado	48,3 a	50,2 d	55,7 b	-15,9 c	-15,0 ac	-14,9 a	25,4 c	29,4 d	30,8 d
4. PEP s/lavado	47,6 d	49,3 e	53,5 d	-14,3 d	-15,4 b	-15,4 b	27,9 d	28,5 e	30,3 e
5. PD961 c/lavado	49,0 c	52,9 f	57,8 e	-15,4 b	-15,1 abc	-14,9 a	24,9 e	26,7 b	32,9 b
6. PD961 s/lavado	49,2 c	51,2 ac	56,2 ac	-14,4 d	-15,1 abc	-15,3 bc	25,3 c	26,9 b	33,6 c

<sup>1/</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

- **Parámetro b\*:** Al igual que León *et al.* (2007), quien observó en hojas enteras de lechugas mantecosas cv. Lores un aumento del valor del parámetro b\* luego de un almacenamiento de 8 días a 1 y 8°C, para el cv. Drifter estos valores aumentaron en las hojas externas y

centrales luego de los 11 días de almacenaje. Las hojas internas mostraron una disminución de este parámetro de color (Cuadro 14).

En hojas externas y centrales se encontró una diferencia significativa entre bolsas distintas, siendo los mayores valores de  $b^*$  los de lechugas en bolsas PEP.

Se encontró una diferencia significativa entre tratamientos con y sin lavado en hojas externas en bolsas PEP y PD961; en centrales, en bolsas PE y PEP; y en hojas internas en todos los tipos de bolsa. Las mayores variaciones en las hojas externas y centrales correspondieron a los tratamientos sin lavado.

**Valencia.** Los parámetros L,  $a^*$  y  $b^*$  variaron en mayor razón en las hojas externas frente a los valores medidos en caracterización.

- Parámetro L: Las lechugas presentaron valores luego del almacenamiento significativamente menores a los obtenidos en la caracterización del cultivar, lo que se traduce en un oscurecimiento de las hojas (Cuadro 15).

El parámetro L presentó una diferencia significativa entre tratamientos de bolsas distintas luego de 10 días de almacenamiento a 4°C más 1 día de comercialización a 10°C en las hojas externas de las lechugas. La mayor variación se observó en las lechugas de los envases PEP y la menor en las de los envases PE (Cuadro 15).

Se observaron en las hojas externas diferencias significativas de los valores de L entre tratamientos con y sin lavado. Siendo los tratamientos sin lavado los que fluctuaron en mayor forma.

- Parámetro  $a^*$ : Las lechugas presentaron valores luego del almacenamiento significativamente menores a los obtenidos en la caracterización del cultivar, lo que se traduce en un aumento del color verde. Este último resultado difícilmente se logra en lechugas verdes, pero habría que recordar que este cultivar tiene un color de hoja pardo-rojizo.

Se encontró en las hojas externas una diferencia significativa de los valores de  $a^*$  entre los envases PEP y el resto, mostrando las lechugas en este tipo de bolsa los mayores cambios (Cuadro 15). Lo que demostraría los beneficios del uso de AM en estas lechugas.

- Parámetro  $b^*$ : Posterior al almacenamiento se encontró un aumento de este parámetro en todas las hojas medidas y tratamientos. En las bolsas PEP las lechugas presentaron mayor variación, siendo el tratamiento con lavado el que más aumentó (32%). Según posición de las hojas, las externas aumentaron en mayor proporción, disminuyendo hacia el interior de la lechuga. Esto se debería a la mayor exposición de las hojas más externas a daños por procesamiento y contacto con la atmósfera de la cámara. Estos resultados demuestran una vez más los beneficios de AM en la mantención postcosecha de estas lechugas.

Cuadro 15. Parámetros de color en hojas (externas, centrales e internas) de lechugas tipo “baby” cv. Valencia en caracterización y a los 10 días de almacenamiento a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	L			a*			b*		
	externa	central	interna	externa	central	interna	externa	central	Interna
Caracterización	45,5 a <sup>l</sup>	42,2 a	43,2 a	-1,1 a	-1,4 a	-1,5 a	11,8 a	9,9 a	10,5 a
1. PE c/lavado	43,7 b	40,5 b	43,2 a	-2,5 b	-4,9 b	-2,0 b	15,0 b	12,9 b	12,8 b
2. PE s/lavado	43,1 c	40,4 b	39,8 b	-1,7 c	-3,0 c	-1,9 b	15,1 b	12,4 c	11,2 c
3. PEP c/lavado	42,0 d	39,2 c	41,5 c	-3,2 d	-4,5 d	-3,2 c	15,6 c	13,3 d	13,0 b
4. PEP s/lavado	39,8 e	40,1 b	39,6 b	-3,9 e	-2,2 e	-2,6 d	14,6 d	12,8 b	12,0 c
5. PD961 c/lavado	43,0 c	41,6 d	41,5 c	-2,9 df	-3,4 f	-2,9 cd	15,1 b	12,8 b	12,5 b
6. PD961 s/lavado	42,3 d	41,5 d	39,5 b	-2,8 bf	-4,2 d	-1,8 ab	14,4 d	12,6 bc	10,8 a

<sup>l</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

## Turgencia

Las lechugas en bolsas PEP presentaron una turgencia significativamente menor en comparación a los otros tratamientos. Estas mismas lechugas en PEP mostraron una diferencia significativa entre tratamientos con y sin lavado, obteniendo las mayores puntuaciones las que no se lavaron (Cuadro 16).

Cabe mencionar que las lechugas del cv. GX906 fueron cosechadas en la tarde a diferencia de los otros cultivares. Clarkson *et al.* (2005) en un estudio sobre lechugas Lollo Rosso tipo “baby” lavadas y envasadas en bolsas de polietileno, mantenidas a 4, 6 y 11°C, determinaron que las cosechadas a última hora del día lograron entre 1 y 2 días más de vida comercial (entre 7 y 12 días de almacenamiento).

El cv. Valencia presentó las mayores calificaciones del estudio, demostrando una mayor sensibilidad a la pérdida de turgencia en postcosecha que los otros cultivares (Cuadro 16). Esto se debería en parte a que este cultivar presentó los mayores porcentajes de pérdida de peso. Según Acedo (2010), entre los factores físico-químicos más importantes que afectan al ablandamiento de la pared celular son la deshidratación y la temperatura de conservación. Se puede considerar estas lechugas en bolsa PEP como el único tratamiento que comercialmente no sería apto según turgencia del producto.

Tanto las lechugas de los cultivares GX906 y Drifter en bolsas no perforadas obtuvieron valores mínimos (1: frescas, turgentes).



Cuadro 16. Evaluación de turgencia de lechugas tipo “baby” cvs. GX906, Drifter y Valencia según escala arbitraria tras 10 días de almacenamiento a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	GX906	Drifter	Valencia
1. PE c/lavado	1,0a <sup>1</sup>	1,0a	1,1a
2. PE s/lavado	1,0a	1,0a	1,3a
3. PEP c/lavado	1,6b	1,6b	2,9b
4. PEP s/lavado	2,5c	2,9c	3,8c
5. PD961 c/lavado	1,0a	1,0a	1,0a
6. PD961 s/lavado	1,0a	1,0a	1,3a

<sup>1</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos para cada ensayo.

### Pudrición

**GX906.** El tratamiento en bolsa PEP sin lavado redujo significativamente la incidencia de pudriciones luego de un almacenamiento por 10 días a 4°C más 1 día de comercialización a 10°C (Cuadro 17). Esto puede deberse, a que debido a las perforaciones se reducirían las condensaciones sobre la superficie de las hojas. El resto de los tratamientos no presentaron diferencias significativas.

**Drifter.** En este cultivar, al igual que en el cv. GX906 se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos lavados y los no lavados en bolsas PEP, presentando los primeros los valores más altos (peor condición). Este tratamiento obtuvo una puntuación 2, correspondiente a un daño leve que afecta solo los márgenes de las hojas. Esto último refleja los bajos niveles de pudrición que se lograron en el estudio (Cuadro 17).

En envases PEP y PD961 sin lavado no mostraron presencia alguna de pudrición, obteniendo nota 1 en la escala utilizada.

**Valencia.** Se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos con y sin lavado en envases PE y PEP. A los que se le aplicó lavado presentaron siempre mayor incidencia de pudrición que los no lavados. Por otro lado, el envase PEP presentó puntuaciones mayores y cuando las lechugas fueron lavadas se obtuvo una puntuación de 3. Esto corresponde a un daño moderado que afecta las hojas externas (Cuadro 17).

En los tres ensayos la pudrición encontrada luego de los 10 días de almacenamiento a 4°C más 1 día de comercialización a 10°C no llegó a ser de significancia al traducirlo a las pérdidas de producto por descarte, ya que el daño más severo según grado de incidencia no sobrepasó la nota 3 de la escala utilizada, correspondiente a un daño moderado, que solo afectó a las hojas externas.

En todos los tratamientos lavados se encontró en general una significativa mayor incidencia de pudrición (Cuadro 17). Medina *et al.* (2012) señalan que la humedad del producto durante la conservación favorece al desarrollo microbiológico. Luna (2012) señala que el exceso de agua provocado durante la conservación de lechugas de IV gama es el principal factor desencadenante de pudriciones. Spinardi y Ferrante (2011) indican que las lechugas tipo “baby” son muy sensibles a daños mecánicos durante su cosecha y envasado lo que podría producir heridas y aumentar el deterioro de tejido.

Cuadro 17. Evaluación de la pudrición de lechugas tipo “baby” cvs. GX906, Drifter y Valencia según escala arbitraria tras 10 días de almacenamiento a 4°C y 90% HR más 1 día de comercialización a 10°C y 75% HR. Los valores son el promedio de las mediciones de cada tratamiento.

Tratamiento	GX906	Drifter	Valencia
1. PE c/lavado	2,0ab <sup>1</sup>	1,5a	2,0a
2. PE s/lavado	1,9a	1,4ab	1,4b
3. PEP c/lavado	2,1ab	2,0c	2,9c
4. PEP s/lavado	1,3c	1,0b	2,3a
5. PD961 c/lavado	2,4b	1,3ab	1,5b
6. PD961 s/lavado	2,3ab	1,0b	1,3b

<sup>1</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

### Desórdenes fisiológicos

Al término de este estudio las lechugas de los 3 ensayos no presentaron desórdenes fisiológicos, aun cuando las condiciones de almacenaje llegaron a ser favorables para el desarrollo de algunos.

En las bolsas no perforadas de los 3 ensayos se obtuvieron concentraciones de etileno a los 10 días de almacenamiento a 4°C entre 0,1 y 0,5ppm, y tras el día de comercialización a 10°C entre 0,2 y 0,7ppm. Kader (1985) señala que concentraciones bajas como 0,1ppm de etileno durante un almacenamiento de lechugas enteras de 5 a 8 días a 5°C podrían causar importantes daños comerciales debido al Russet Spotting.

En almacenamiento con concentraciones mayores a 1% de CO<sub>2</sub> de lechugas enteras tipo Romana y Iceberg se suele observar daños por BS a partir de los 4 días a temperaturas entre 2,5 y 5°C (Ryall y Lipton, 1979; Cantwell y Suslow, 1999; Cantwell, 2001 y 2008). Sin embargo en este estudio, en las bolsas no perforadas de los 3 ensayos, se obtuvieron mediciones de CO<sub>2</sub> a los 10 días de almacenamiento entre 1,4 y 3,1% y tras el día de comercialización entre 2,2 y 3,9%.

La no incidencia de estos desórdenes fisiológicos podría deberse a una posible baja susceptibilidad de los cultivares en estudio a estos y a una respuesta distinta de las lechugas tipo “baby” frente al etileno y al CO<sub>2</sub> al presentar un estado fisiológico inmaduro.

## CONCLUSIONES

1. Los lavados previos al envasado no contribuyeron a prolongar la vida de postcosecha de los cultivares de lechuga estudiados. Si bien estos lavados mejoraron la turgencia presentaron mayor pudrición.
2. Envases perforados con atmósfera de aire son menos recomendados para lechugas que aquellos herméticos a base de películas semipermeables a los gases que generan una atmósfera más baja en O<sub>2</sub> y con un moderado porcentaje de CO<sub>2</sub>.
3. Las lechugas tipo “baby” del cv. Valencia presentaron una mayor susceptibilidad a las pérdidas postcosecha luego de 10 días a 4°C y 90% HR más 1 día a 10°C y 75% HR respecto a los cvs. GX906 y Drifter.

## BIBLIOGRAFÍA

Acedo, A. 2010. Postharvest technology for leafy vegetables. AVRDC-ADB, Postharvest Projects RETA 6208/6378. AVRDC Publication No. 10-7333. [En línea]. Taiwan: AVRDC: The world Vegetable Center. 67p. Recuperado en: <<http://libnts.avrdc.org.tw/fulltext-pdf/EB/2001-2010/eb0129.pdf>> Consultado el: 11 de Junio de 2013.

Acedo, A and K. Weinberger. 2010. Vegetables postharvest: Simple techniques for increased income and market. Taiwan, China: AVRDC – The World Vegetable Center. 37p.

Agüero, M. 2011. Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor. Memoria de doctorado. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata. 272p.

Agüero, M.; M. Barq; A. Yommi; A. Camelo and S. Roura. 2007, January. Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality. *Journal of Food Science*, 73 (1): 47-55.

Ares, G.; C. Lareo and P. Lema. 2008, September. Sensory life of butterhead lettuce in active and passive modified atmosphere packages. *International Journal of Food Science and Technology*, 43 (9): 1671-1677.

Artés, F. 2006, Enero. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 7 (2): 41-47.

Artés, C., F. Aguayo y E. Gómez. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. [En línea]. Tarragona, España: Revista Horticultura, Horticom. 81p. Recuperado en: <<http://www.horticom.com/pd/print.php?sid=73132>>. Consultado el: 21 de Septiembre de 2013.

Baron, C.; C. Bares; F. Maradei y G. Sanchez. 1996, Octubre. Postcosecha de lechuga. *Boletín Hortícola*, (12): 28-32.

Beaudry, R. M. 2000, July-September. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnology*, 10: 491-500.

Ben-Yehoshua, S. and Rodov, V., 2003. Transpiration and water stress. (pt.1, chapt.5, pp. 111-159) In: Bartz, J.A. and Brecht, J.K. (Eds.). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Second ed. New York, USA: Marcel Dekker. 816p.

Berns, R.S., 2000. Billmeyer and Saltzman principles of color technology. Third ed. New York, USA: John Wiley & Sons. 248p.

Cantwell, M. 2001. Lettuce, Romaine: Recommendations for maintaining Postharvest Quality. [En línea]. California, USA: Department of Plant Sciences, University of California. 3p. Recuperado en: <[http:// postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/LettuceRomaine/](http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/LettuceRomaine/)>. Consultado el: 11 de Junio de 2013.

Cantwell, M. 2008. WLFO Commodity Storage Manual: Lettuce. [En línea]. Virginia, USA: Global Cold Chain Alliance. 3p. Recuperado en: <<http://gccca.sonomaco.net/wp-content/uploads/2012/09/Lettuce.pdf/>>. Consultado el: 15 de Abril de 2014.

Cantwell, M. and T. Suslow. 1999. Lettuce, Crisphead: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. [En línea]. California, USA: Department of Plant Sciences, University of California. 3p. Recuperado en:<[http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/Lettuce Crisphead/](http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/LettuceCrisphead/)>. Consultado el: 11 de Junio de 2013.

Cantwell, M. and T. Suslow. 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. (chapt. 36, pp. 445-463). In: Kader, Adel (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3<sup>rd</sup> edition. California, USA: University of California Agriculture and Nature Resources. 535p. (Publication 3311).

Cantwell, M. and T. Suslow. 2006. Crisphead or Iceberg. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Davis, USA: Postharvest Technology Research & Information Center. University of California. 3p.

Castañer, M.; M. Gil; V. Ruiz and F. Artés. 1999, september. Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine lettuces. *European Food Research and Technology*, 209: 52-56.

Chiesa, A. 2003, july. Factors Determining Postharvest Quality of Leafy Vegetables. *Acta Horticulturae*, 2 (604): 519-524.

Chiesa, A. 2010, septiembre. Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina*, 29 (68): 28-32.

Chiesa, A., D. Frezza, S Moccia, A. Oberti, A. Fraschina, and L. Díaz. 2005, june. Vegetable Production Technology and Postharvest Quality. *Acta horticulturae*, 682: 565-572. 2005.

Chiesa, A.; A. Massa; O. Filippini and S. Moccia. 2001, june. Effect of processing degree in the ascórbico acid content and visual quality of fresh cut lettuce. *Acta Horticulturae*, 2 (553): 699-700.

Clarkson, G.; S. Rothwell and G. Taylor. 2005, august. End of Day Harvest Extends Shelf Life. *HortScience*, 40 (5): 1431-1435.

De la A, T. y W. Briones. 2007. Producción de lechuga hidropónica para la exportación al mercado alemán. Memoria Ingeniero Comercial, mención Finanzas. Guayaquil, Ecuador: Fac. de Ciencias Humanísticas y Económicas, Escuela Sup. Politécnica del Litoral. 171p.

Del Nobile, M. A.; A. Baiano; A. Benedetto and L. Massignan. 2006, may. Respiration rate of minimally processed lettuce as affected by packaging. *Journal of Food Engineering*, 74 (1): 60-69.

Encalada, M.. 2000. Evaluación agronómica de cultivares de lechuga del tipo "baby" bajo sistema de cultivo hidropónico. Memoria Ingeniero Agrónomo, mención Fitotecnia. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 80 p.

Escalona, V. 1997. Atmósfera modificada y uso de ácido ascórbico en lechugas (*Lactuca sativa* L.), zanahorias (*Daucus carota* L.) y cebollas (*Allium cepa* L.) de 4ª gama. Memoria Ingeniero Agrónomo, mención Agroindustria. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 111 p.

Fonseca, S., F. Oliveira and J. Brecht. 2002, april. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, 52 (2): 99-119.

Fossaert, V. 1999, abril. Productos hortícolas: Productos de IV gama. *VAS, Revista del Packing*, 47: 44-48.

Galotto, M. J.; A. Guarda y V. Fossaert. 1999, abril. Importancia del control de la permeabilidad de envases plásticos para alimentos. *VAS, Revista del Packing*, 47: 50-51.

Guiboileau, A., R. Sormani, C. Meyer and C. Masclaux-Daubresse. 2010, february. Senescence and death of plant organs: Nutrient recycling and developmental regulation. *Comptes Rendus Biologies*, 333: 382-391.

Hayes, R. y Y. Liu. 2008, march. Genetic variation for shelf-life of salad-cut lettuce in modified-atmosphere environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133: 228-233.

Hohl, U., B. Neubert, H. Pforte and H. Schonhof. 2001, september. Flavonoid concentrations in the inner leaves of head lettuce genotypes. *European Food Research and Technology*, 213: 205-211.

Ji, K.; Y. Luo; Y. Tao; R. Saftner and K. Gross. 2005, august. Effect of initial oxygen transmission rate on the quality of fresh-cut romaine lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1622-1630.

- Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Davis, California, USA: Ed. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. 514 p.
- Kader, A. and M. Saltveit, 2003. Respiration and gas exchange (cap. 2, pp.7-29). in: Bartz, J. and J. Brecht (Eds.). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Second ed., New York, USA: Marcel Dekker. 413p.
- Kalio, H. E. 2008, January. The effect of film wrapping and Nitrogen flushing of produce atmosphere on the storage quality of lettuce. *Agricultural Journal*, 3 (1):17-24.
- Kader, A. 1985, February. Ethylene-induced Senescence and Physiological Disorders in Harvested Horticultural Crops. *HortScience*, 20 (1): 54-57.
- Karpeta, A. 2001. Control of the pinking of lettuce inhibition of polyphenol oxidase processing. MSc Thesis, Food Science. Proctor Dept. of Food Science, Universidad de Leeds, Inglaterra. 117p.
- Ke, D. and M. E. Saltveit. 1988, January. Plant Hormone Interaction and Phenolic Metabolism in the Regulation of Russet Spotting in Iceberg Lettuce. *Plant Physiology*, 88: 1136-1140.
- Kim, J.; Y. Luo; R. Saftner and K. Gross. 2005, January. Delayed Modified Atmosphere Packaging of Fresh-Cut Romaine Lettuce: Effects on Quality Maintenance and Shelf-Life. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130 (1): 116-123.
- Krurup, C. 1985, Septiembre-diciembre. Significación y regulación de los procesos fisiológicos durante post-cosecha. Aplicación en hortalizas. *Boletín Hortícola, Asociación Argentina de Horticultura*, 4 (8): 33-40.
- Krurup, C y A. Spurr. 1981, Enero-diciembre. Características y funcionamiento estomacal de lechuga (*Lactuca sativa* var. Capitata) en pre y postcosecha. *Investigación Agrícola (Chile)*, 7 (2): 29-36.
- Krurup, C.; S. Fernández y K. Nakashima. 2008. Manual electrónico de poscosecha de hortalizas. [En línea]. Santiago: Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Recuperado en: <[http://www.puc.cl/sw\\_educ/poscosecha/index.html](http://www.puc.cl/sw_educ/poscosecha/index.html)> Consultado el: 21 de octubre de 2013.
- León, A.; D. Frezza y A. Chiesa. 2004, Noviembre. Edad a cosecha y calidad en postcosecha de lechuga mantecosa mínimamente procesada. *Fave - Ciencias Agrarias*, 3 (1): 25-35.



- León, A.; D. Frezza y A. Chiesa. 2007. Evolución del color en lechuga (*Lactuca sativa* L.) mantecosa mínimamente procesada: efecto del trozado y la inmersión en cloruro de calcio. [En línea]. Buenos Aires, Argentina: Horticom. Recuperado en : <<http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/212/69212.pdf>> Consultado el: 20 de octubre de 2013.
- Lewis, D. 2001. The development procedure for the extraction and assay polyphenol oxidase in Iceberg lettuce. Msc Thesis, Food Science. Proctor Dept. of Food Science, Universidad de Leeds, Inglaterra. 117p.
- Lokke, M. 2012. Postharvest quality changes of leafy green vegetables. [En línea]. PhD Thesis. Dept. of food science, Aarhus University, Dinamarca. 30p. Recuperado en: [http://pure.au.dk/portal/files/45962257/PostharvestQualityChanges\\_afhandlingMetteMarie\\_L\\_kke.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/45962257/PostharvestQualityChanges_afhandlingMetteMarie_L_kke.pdf) Consultado el: 05 de diciembre del 2013.
- López, G., M. Saltveit and M. Cantwell. 1996, july. The visual quality of minimally processed lettuce stored in air or controlled atmospheres with emphasis on romaine and iceberg types. *Postharvest Biology and Technology*, 8:179-190.
- Luna, M. 2012. Influencia de los factores pre y postcosecha en la calidad de la lechuga IV gama. Memoria de doctorado, agronomía. Murcia, España: Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia. 277p.
- Mangaraj, S., T. Goswami and P. Mahajan. 2009, december. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, 1 (2): 133-158.
- Martin-Diana, A.B., D. Rico, J.M. Frías, G.T.M. Henehan and C. Barry-Ryan. 2007, april. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18 (4): 210-218.
- Martín, O. and R. Soliva. 2011. Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing. Boca Raton: Taylor and Francis group. 410p.
- Martínez, A.; M. Luna; M. Selma; J. Tudela; J. Abad and M. Gil. 2012, january. Baby-leaf and multi-Leaf of green and red lettuces are suitable raw materials for the fresh-cut industry. *Postharvest Biology and Technology*, 63 (1): 1-10.
- Martínez, J. A. 2010. Optimización del envasado en atmósfera modificada de la lechuga Iceberg. Memoria de doctorado, Fisiología Vegetal. Murcia, España: departamento de Fisiología Vegetal, Universidad de Murcia. 230 p.
- Mcdonald, R. and L. Risse. 1990, june. Bagging chopped lettuce in selected permeability films. *HortScience*, 25 (6): 671-673.

Medina, M; J. Tudela; A. Marín; A. Allende and M. Gil. 2012, may. Short postharvest storage under low relative humidity improves quality and shelf life of minimally processed baby spinach (*Spinach oleracea* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 67: 1-9.

Mónaco, E.; A. Chiesa; G. Trincherro y A. Fraschina. 2005, abril. Selección de películas poliméricas para su empleo con lechuga en atmósfera modificada. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34 (1): 59-70.

Mondino, M; J. Ferratto; I. Firpo; R. Rotondo; M. Ortiz y R. Grasso. 2006, noviembre. Pérdidas postcosecha de lechugas, en la región de Rosario, Argentina. *Horticultura Argentina*, 26 (60): 17-24.

Montealegre, J. 1990. Enfermedades de postcosecha de importancia en hortalizas de exportación. p.85. En: Publicaciones misceláneas agrícolas N°29. (julio de 1990,Santiago, Chile). Tecnologías de apoyo a la exportación de frutas y hortalizas en Chile. Universidad de Chile. 123p.

Montesdeoca, N. 2009. Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (*Lactuca sativa* var. Crispa), para la creación de una norma ecuatoriana. Memoria Ingeniero en Alimentos, mención Industrialización de Alimentos. Quito, Ecuador: Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial. 165p.

Moreira, M.; A. Ponce; C. Del Valle; R. Ansorena and S. Roura. 2006, july-december. Effects of abusive temperatures on the postharvest quality of lettuce leaves: ascorbic acid loss and microbial growth. *Journal of Applied Horticulture*, 8(2): 109-113.

Newman, H. Wilson; S. Clifford and A. Smith. 2005, march. The mechanical properties of lettuce: A comparison of some agronomic and postharvest effects. *Journal of Materials Science*, 40 (5): 1101-1104.

Nunez, C. and J. P. Emond. 2007, april. Relationship between Weight Loss and Visual Quality of Fruits and Vegetables. Proceedings of the Florida State. *Horticultural Society*, 120: 235-245.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2012. Superficie cultivadas con hortalizas a nivel nacional (años 2007 al 2011). [En línea]. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 3p. Recuperado en: <<http://www.odepa.cl/superficie-cultivada-con-hortalizas-3/>> Consultado el: 5 de junio de 2013.

Olhagaray, J. M. 1991, abril. Operativa e ingeniería: Almacenaje en atmósfera controlada. *Informativo Agroeconómico*, 8 (5): 39-46.

Olhagaray, J. M. y J. P. Achondo. 1991, abril. Variables relevantes en almacenamiento: Frutas y hortalizas en fresco. *Informativo Agroeconómico*, (4): 41-47.

- Ozgen, S. y S. Sekerci. 2010, july. Effect of leaf position on the distribution of phytochemicals and antioxidant capacity among green and red lettuce cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9 (3): 801-809. 2011.
- Pantastico, E. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. Westport, Connecticut, USA: Avi publishing company. 560p.
- Prince, T. A. 1996. Envasado de productos hortofrutícolas en atmósferas modificadas. (cap. 5, pp.79-118). In: BRODY, A. (ed). Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. Zaragoza, España: Acribia. 213p.
- Reid, M. 2002. Maturation and maturity indices. (cap. 6, pp. 55-62). In: Kader, A. Postharvest technology of Horticultural Crops. Davis, USA: University of California, Agriculture and natural Resources. 535p.
- Ryall, A. and W. Lipton. 1979. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. 2nd Edition. Westport, Connecticut, USA: Avi publishing company. 587p.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992. Plant Physiology. 4th Edition. Belmont, California, USA: Wadsworth Publishing Co. 682p.
- Saltveit, M. E. 1997, august. Vegetables and ornamentals. *Postharvest horticulture series*, 4 (18): 98-117.
- Saltveit, M. E. 1998, october. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Tecnology*, 15 (3): 279-292.
- Saltveit, M. E., 2003, january. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere?. *Postharvest Biology and Tecnology*, 27 (1): 3-13.
- Schofield, R. A.; J. R. Deell; D. P. Murr and S. Jenni. 2005, october. Determining the storage potential of iceberg lettuce with chlorophyll fluorescence. *Postharvest Biology and Tecnology*, 38: 43-56.
- Shehata, S.; T. El-Sheik; M. Mohamed and M. Saleh. 2012, january. Effect of Some Pre and Postharvest treatments on Browning Inhibition in Fresh Cut Lettuce during Cold Storage. *Journal of Applied Sciences Research*, 8 (1): 25-33. 2012.
- Spinardi, A. and A. Ferrante. 2011, september. Effect of storage temperature on quality changes of minimally processed baby lettuce. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (1): 38-42.

Thompson, J.F.. 2002. Psychrometrics and perishable commodities. (cap.13, pp. 129-134) In: Kader, A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. Third ed. Oakland, California, USA: University of California, Agriculture and natural resources. 535p. (Publication 3311).

Toivonen, P.; J. Brandenburgh and Y. Luo. 2009. Modified atmosphere packaging for fresh-cut produce. (cap. 18, pp. 463-489). In: Elhadi, M. (ed.). *Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group. 608p.

Toivonen, P. and D. Brummel. 2008, april. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48 (1): 1-14.

Universidad de Chile. Publicación Docente N°3. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas: Departamento de Fisiología Vegetal. 1990. 28p.

Varoquaux, P.; J. Mazolier and G. Albagnac. 1996, november. The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 9 (2): 127-139.

Varoquaux, P. and I. Ozdemir. 2005. Packaging and produce degradation. (cap. 5, pp. 117-153). In: Lamikanra, O; S. Imam and D. Ukuku (Eds.). *Produce Degradation: Pathways and Prevention*. First edition. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group. 677p.

Wang, C.Y.. 2003, april. Leafy, floral, and succulent vegetables. (cap. 25, pp. 599-623). In: Bartz, J. and J. Brecht (Eds.). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Second edition. New York, USA: Marcel Dekker. 744p.

Weightman, R. 2013. FV 418 – Baby leaf lettuce: N response studies to maximise yield and manage nitrate levels. [En línea]. Warwickshire, UK: Horticultural Development Company, Agriculture & Horticulture Development Board. 2p. Recuperado en: <[http://www.hdc.org.uk/sites/default/files/research\\_papers/FV%20418\\_NPR.pdf](http://www.hdc.org.uk/sites/default/files/research_papers/FV%20418_NPR.pdf)> Consultado el: 06 de enero de 2014.

Wills, R. 1984. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post recolección*. Zaragoza, España: Acribia. 195p.

Wills, R., W. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 2007. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*, Fifth edition. Oxfordshire, England: Cabi. 227p.

Wilson, L.; M. Boyette and E. Estes. 1999. *Postharvest handling and cooling of fresh fruits, vegetables, and flowers for small farms*. Raleigh, North Carolina, USA: North Carolina Cooperative Extension Service. 12p.

Wood, D., S. Imam, G. Sabellano, P. Eyerly, W. Orts and G. Glenn. 2005. Microstructure of produce degradation. (cap. 18, pp. 529-561). In: Lamikanra, O; S. Imam and D. Ukuku (Eds.). Produce Degradation: Pathways and Prevention. First edition. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group. 677p.

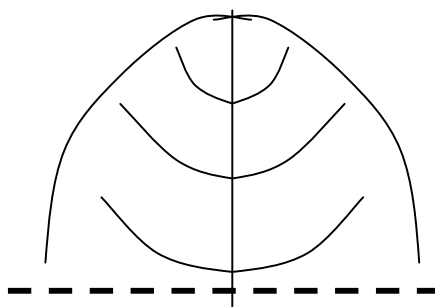
Yong, S. 2000, june. Color Changes of Leaf Lettuce during Postharvest Storage. HortScience, 35 (3): 410.

**ANEXO I**

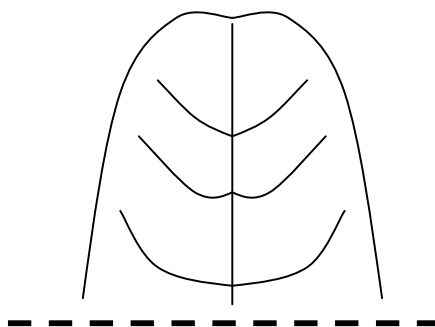
Esquema de los parámetros utilizados para la caracterización morfológica según la publicación docente N°3 de la Dirección de la escuela de Agronomía de la Universidad de Chile (1990).

- Según ápice de la hoja:

Ápice obtuso

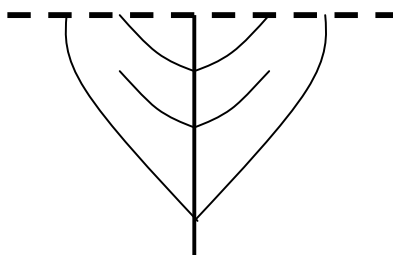


Ápice retuso



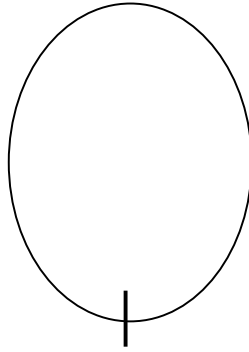
- Según base de la hoja:

Base cuneada

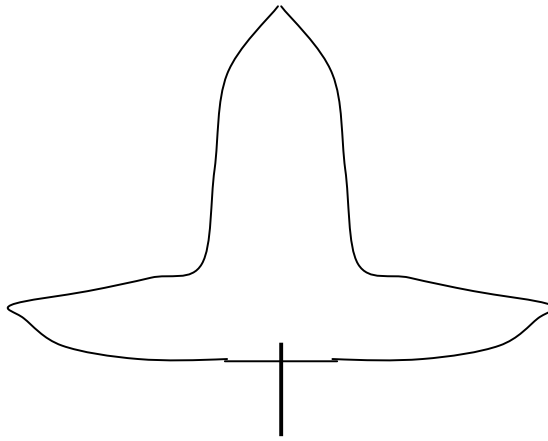


- Según forma de la lámina:

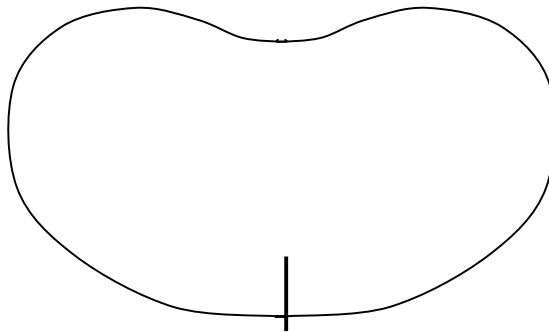
Elíptica



Hastada



Reniforme



- Según margen de hoja

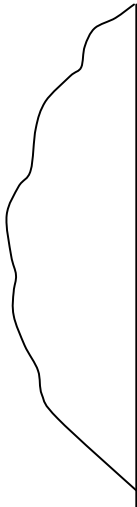
Doble serrado



Hendido



Ondulado





## ANEXO II

Cuadro 19. Cantidad de fertilizantes solubles usados en las mesas de cultivo.

Nutriente	Fertilizante soluble en agua usado	g de fertilizante para 240 L de solución nutritiva
Mo	Ácido molíbdico (PA)	0,014
B	Ácido bórico (PA)	0,6030
Fe	Ferrosol 6%	21,2770
Mg y N	Nitrato de Magnesio	61,2350
Mn	Cloruro de Manganeso (PA)	0,5350
K y N	Nitrato de Potasio (13-0-44)	50,5740
P y K	Fosfato monopotásico (0-52-34)	65,5510
N	Urea perlada (46-0-0)	75,5190

Fuente: Encalada, 2000.

## APENDICE

Diagrama y dimensiones de las bolsas utilizadas. Las perforaciones corresponden solo a las bolsas PEP.

---

