

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ANTIOXIDANTE EN LECHUGA  
(*LACTUCA SATIVA L.*) VARIEDAD SEMENDEL Y SU EFECTO EN LA CALIDAD  
POSTCOSECHA EN CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN.**

**POR:**

**IRIS RAQUEL RAMÍREZ MOLINA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2023**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ANTIOXIDANTE EN LECHUGA  
(*LACTUCA SATIVA L.*) VARIEDAD SEMENTEL Y SU EFECTO EN LA CALIDAD  
POSTCOSECHA EN CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN.**

**POR**

**IRIS RAQUEL RAMÍREZ MOLINA**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2023**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL**

MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

DR. FRANCISCO LARA ASENCIO

**SECRETARIO**

ING.AGR. MSc. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

---

**ING. MSc OMAR ANTONIO LARA DÍAZ**

**DOCENTE DIRECTOR**

---

**ING.AGR. SIGFREDO RAMOS CORTEZ**

**COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADO**

---

**ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.OBJETIVOS.....	3
2. 1 General .....	3
2.2 Específicos.....	3
3.MARCO TEÓRICO .....	4
3.1 Antecedentes .....	4
3.2 Generalidades del cultivo de lechuga .....	5
3.2.1 Lechuga (Lactuca sativa L.) .....	5
3.2.2 Taxonomía y Morfología .....	6
3.2.3 Características físico-químicas y organolépticas de la lechuga .....	7
3.2.4 Variedades.....	8
3.3 Aspecto nutricional .....	11
3.4 Fisiología de Frutas y Hortalizas .....	12
3.4.1 Respiración de frutas y hortalizas .....	13
3.4.2 Tasa respiratoria .....	13
3.4.3 Transpiración .....	14
3.4.4 Etileno.....	15
3.4.5 Efectos del etileno.....	15
3.5 Efectos de la humedad sobre la vida anaquel de la lechuga .....	16
3.6 Efectos de la temperatura .....	17
3.7 El pardeamiento oxidativo .....	18
3.8 Tratamientos químicos en frutas y hortalizas.....	18
3.8.1 Ácido ascórbico.....	18
3.9 Almacenamiento.....	19
3.10 Conservación de hortalizas.....	20
3.11 Vida de anaquel en hortalizas .....	20
4.METODOLOGÍA .....	20
4.1 Descripción de lugar.....	20
4.2 Materia prima y antioxidante.....	21
4.3 Montaje del ensayo .....	21
4.3.1 Proceso de acondicionamiento de lechugas para el montaje del ensayo .....	21
4.3.2 Descripción del proceso.....	22

4.4 Medición de variables.....	25
4.4.1 Análisis fisicoquímicos .....	25
4.4.2 Análisis sensorial .....	26
5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
5.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la calidad postcosecha de lechuga.....	28
5.1.1 Variable pH.....	28
5.1.2 Sólidos Solubles Totales (SST).....	29
5.1.3 Acidez titulable.....	30
5.1.4 Peso (g).....	31
5.2. Análisis descriptivo de los parámetros sensoriales evaluados en la calidad postcosecha de lechuga.....	31
5.2.1 Apariencia del tallo.....	32
5.2.2 Oscurecimiento en el tallo.....	33
5.2.3 Turgencia general.....	34
5.2.4 Sabor extraño .....	35
5.3 Caracterización de los parámetros sensoriales evaluados en la calidad postcosecha de lechuga. ....	36
6.CONCLUSIONES .....	39
7.RECOMENDACIONES .....	40
8.BIBLIOGRAFÍA.....	41
9.ANEXOS.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: clasificación botánica de lechuga. ....	6
Cuadro 2. Composición nutricional porcada 100 gramos de lechuga fresca .....	12
Cuadro 3. Clasificación de hortalizas de hoja según producción y sensibilidad al etileno	16
Cuadro 4. Varianza explicada por los componentes principales 1 y 2.....	37
Cuadro 5. Variables que mejor contribuyen a la varianza de los componentes principales 1 y 2.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lechuga Costina o Conconina. ....	8
Figura 2. Lechuga Española o Gallega y Lechuga Milanesa .....	9

Figura 3. Lechuga tipo Iceberg.....	9
Figura 4. Lechuga tipo batavia .....	10
Figura 5. Lechugas LolloBionda y Lollo Ross.....	10
Figura 6. Lechuga esparrago .....	11
Figura 7. Selección y pesaje de lechugas .....	22
Figura 8. Lavado y desinfección de las lechugas .....	23
Figura 9. Aplicación de ácido ascórbico como antioxidante en lechugas.....	23
Figura 10. Secado de lechugas.....	24
Figura 11. Empaque de lechuga para el almacenamiento.....	24
Figura 12. Almacenamiento de lechugas en condiciones de refrigeración a 5°C.....	25
Figura 13. Medición de pH y acidez en lechuga bajo los tratamientos aplicados.....	25
Figura 14. Medición de sólidos solubles totales en lechuga .....	26
Figura 15. Evaluación sensorial de lechuga .....	27
Figura 16. Variable medición de pH en las diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	29
Figura 17. Variable sólidos solubles totales en las diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	30
Figura 18. Variable medición de % de acidez en las diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	31
Figura 19. Variable apariencia del tallo con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	32
Figura 20. Variable oscurecimiento del tallo con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	34
Figura 21. Variable turgencia general con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	35
Figura 22. Variable medición sabor extraño con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) .....	36
Figura 23. Biplot de los componentes principales para el efecto de las diferentes dosis de antioxidante en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) en las variables.....	38
Figura 24. CV (%) .....	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Determinante del análisis de correlación de Pearson (r) .....	46
Anexo 2: Medida de adecuación maestra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y prueba de Bartlett. ....	46

Anexo 3: Escala de medición para análisis sensorial.....	46
Anexo 4: ficha de evaluación sensorial .....	47
Anexo 5: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable medición de pH. ....	48
Anexo 6: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable sólidos solubles totales. .....	48
Anexo 7: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable de % de acidez. ....	49
Anexo 8: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable apariencia del tallo. ..	49
Anexo 9: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable oscurecimiento del tallo. .....	50
Anexo 10: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable turgencia general. ..	50
Anexo 11: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable sabor extraño. ....	50

## RESUMEN

La investigación se realizó en la planta procesadora de frutas y hortalizas de la Estación Experimental y Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, consistió en la evaluación de diferentes dosis de antioxidante en lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad sementel y su efecto en la calidad postcosecha en condiciones de refrigeración 5°C, con el propósito de mantener sus características organolépticas y alargar su vida de anaquel. El experimento se realizó en el periodo del 9 al 20 de junio 2022. Los tratamientos fueron representados por las 3 dosis de antioxidante; tratamiento 1: ácido ascórbico en dosis de 0.5%; tratamiento 2: ácido ascórbico en dosis de 1% y tratamiento 3: ácido ascórbico en dosis de 1.5% aplicados a las lechugas, estas fueron sometidas a un proceso de selección, lavado, desinfectado, aplicación de antioxidante, secado y almacenado. Para monitorear la vida de anaquel se tomaron datos el día 1, día 5 y día 11 de parámetros de pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, apariencia del tallo, oscurecimiento del tallo, turgencia general y sabor, para el análisis de los datos se utilizó un diseño completo al azar, el nivel de significancia fue del 1% ( $P \geq 0.01$ ), siendo los factores en estudio las tres dosis de antioxidante y el testigo, para determinar si las fuentes de variación en estudio producían iguales o distintos efectos en la variable respuesta, se aplicó la técnica del análisis de varianzas y prueba de tukey en el programa estadístico INFOSTAT. Los mejores tratamientos para la conservación de la lechuga de hoja variedad sementel a temperatura 5 °C fueron las dosis de ácido ascórbico de 1% y de 1.5%. En ambos tratamientos la lechuga conservó sus características sensoriales; apariencia del tallo, oscurecimiento del tallo, turgencia general y sabor aceptable, durante los 11 días de almacenamiento. A diferencia de las muestras no tratadas, donde la aceptabilidad para el consumo según atributos sensoriales se reduce a los 5 días, debido a la presencia de pardeamiento enzimático. La turgencia general fue el atributo mejor evaluado; mientras que el sabor no tuvo ninguna diferencia con las lechugas no tratadas. Con respecto a los parámetros fisicoquímicos de pH y acidez no tuvieron efectos significativos, a diferencia de la variable de sólidos solubles totales la cual presentó respuestas significativas al aplicar las diferentes dosis de ácido ascórbico.

**Palabras claves:** antioxidante, pardeamiento enzimático, calidad postcosecha, turgencia

## Abstract

The research was carried out in the fruit and vegetable processing plant of the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, it consisted of the evaluation of different doses of antioxidants in lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed variety. and its effect on postharvest quality under 5°C refrigeration conditions, in order to maintain its organoleptic characteristics and extend its shelf life. The experiment was carried out in the period from June 9 to 20, 2022. The treatments were represented by the 3 doses of antioxidant; treatment 1: ascorbic acid in doses of 0.5%; treatment 2: ascorbic acid in doses of 1% and ascorbic acid treatment 3: in doses of 1.5% applied to the lettuces, these were subjected to a process of selection, washing, disinfection, antioxidant application, drying and storage. To monitor shelf life, data was taken on day 1, 5 and 11 of pH parameters, titratable acidity, total soluble solids, stem appearance, stem darkening, general turgor and flavor. For data analysis, a complete randomized design, the level of significance was 1% ( $P \geq 0.01$ ), the factors under study being the three doses of antioxidant and the control, to determine if the sources of variation under study produced the same or different effects on the response variable, the technique of analysis of variances and tukey's test in the statistical program INFOSTAT. The best treatments for the conservation of the seed lettuce variety at a temperature of 5 °C were the doses of ascorbic acid of 1% and 1.5%. In both treatments the lettuce retained its sensory characteristics; appearance of the stem, darkening of the stem, general turgidity and acceptable flavor, during the 11 days of storage. Unlike the untreated samples, where the acceptability for consumption according to sensory attributes is reduced after 5 days, due to the presence of enzymatic browning. The general turgidity was the best evaluated attribute; while the flavor did not have any difference with the untreated lettuces. Regarding the physicochemical parameters of pH and acidity, they did not have significant effects, unlike the variable of total soluble solids, which presented significant responses when applying the different doses of ascorbic acid.

Keywords: antioxidant, enzymatic browning, postharvest quality, turgor

## 1. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es una de las hortalizas más importantes del grupo de las hortalizas de hoja que se consumen crudas en ensaladas, debido a su bajo costo. Tiene importante contenido en minerales, vitaminas y es baja en calorías. Es ampliamente conocida a nivel mundial y se cultiva en casi todos los países (INFOAGRO 2007).

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco, son productos de transición entre los completamente procesados y los llamados frescos, ya que son sometidas a un mínimo proceso, que por lo general consiste en lavado, desinfectado, pelado y/o trozado, mantención en envases que garantizan su frescura y características organolépticas por más tiempo. Estos productos son superiores desde un punto de vista nutricional y se adaptan particularmente a las modernas formas de consumo y a la evolución de los modos de vida, ya que conjugan frescura y facilidad de utilización a los consumidores (Carbonel *et al*, citados por Toledo 2009). Las nuevas tendencias obligan a realizar mejoras en las cadenas de suministro de productos frescos, para poder ofrecer una mayor calidad e inocuidad a los consumidores y obtener mejores beneficios para los productores (FAO 2009).

Un factor importante en la calidad de la lechuga es el pardeamiento del tallo, lo cual se debe a la activación de enzimas como la polifenoloxidasas (PPO) por parte del etileno que actúan cuando hay daños en los tejidos estos, provocan cambios en la difusión de gases, los que resultan en una disminución inicial en el O<sub>2</sub> y un aumento en los niveles de CO<sub>2</sub> y etileno (Bohórquez *et al*, citados por Rodríguez *et al*. 2018). Estos cambios fisiológicos pueden acelerar la madurez, alterar el metabolismo fenólico y promover la senescencia del tejido, lo que puede ocasionar problemas de calidad, como pérdida de sabor, aroma, textura (firmeza) y apariencia (Defilippi y Campos, citados por Toledo 2009). Sumado a esto, otros aspectos relevantes son los altos estándares de calidad exigidos por consumidores, problemas técnicos y de logística, altos costos de las tecnologías de procesamiento y la falta de conocimiento técnico de los procesos. Las pérdidas también ocurren durante la vida útil, la preparación en el hogar y en los servicios de comidas (Göbel *et al*, Citados por Hidalgo 2021). Estas pérdidas son de importancia económica y

social para quienes participan en toda la cadena productiva (Mejía, citado por Hidalgo 2021).

Existen tratamientos químicos utilizados para mantener la calidad sensorial en productos vegetales durante etapas poscosecha, dentro de ellos se incluye la aplicación de agentes reductores o antioxidantes tales como los sulfitos y el ácido ascórbico (o vitamina C), los cuales se aplican principalmente como agentes preventivos del oscurecimiento (Ibrahim *et al*, citados por Esparza-Rivera *et al*. 2013).

En este contexto los tratamientos químicos poscosecha son indispensables para prevenir el deterioro de las hortalizas, disminuir el porcentaje de pérdidas poscosecha y aumentar el tiempo de vida útil, en comparación a las condiciones de manejo usualmente utilizadas en las cadenas de comercialización en El Salvador. Partiendo de ello, en el presente trabajo se evaluó el efecto de tres dosis de ácido ascórbico (0.5%, 1 % y 1.5%) como antioxidante en lechuga de hoja (*Lactuca sativa*) variedad sementel, en condiciones de refrigeración, con el propósito de mantener sus rasgos organolépticos y alargar su vida de anaquel, mediante el monitoreo de características organolépticas y fisicoquímica.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General

- ✓ Evaluar el efecto de tres dosis de ácido ascórbico como antioxidante en lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad sementel y su calidad poscosecha en condiciones de refrigeración.

### 2.2 Específicos

- ✓ Comparar tres dosis de ácido ascórbico como antioxidante para prolongar la vida de anaquel en el corte del tallo y lechuga en general.
- ✓ Describir estadísticamente cuál de las tres dosis de ácido ascórbico en estudio, produce los mejores efectos sobre la calidad pos cosecha de lechuga.
- ✓ Caracterizar el comportamiento de atributos sensoriales como la apariencia, turgencia y sabor de la lechuga cuando se aplican las diferentes dosis de antioxidante.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

En la Universidad de Chile, Toledo (2009), evaluó el comportamiento post-cosecha de cuatro tipos de lechuga: costina, escarola, milanesa y española, mínimamente procesadas y el efecto de antipardeantes en hojas de lechugas cortadas. Para ello sumergieron durante dos minutos, en una solución de ácido cítrico al 0,3% con ácido ascórbico al 0,5% (T1) y una solución de ácido cítrico al 1% con ácido ascórbico al 1% (T2) para el ensayo 1, para el ensayo 2 sumergieron en una solución de ácido cítrico al 0,5% (T1) y una solución de ácido cítrico al 1% (T2). En ambos ensayos consideraron un testigo. El ácido cítrico al 1% junto con ácido ascórbico al 1% tuvo un efecto antipardeante sobre las lechugas Costina, Milanesa y Escarola por 7 días. Así mismo destacaron que el ácido cítrico produce mejor calidad microbiológica. Los cuatro tipos de lechuga soportaron un mínimo proceso durante siete días, al utilizar ácido cítrico como antipardeante.

Con respecto al uso de ácidos ascórbico en alimentos Nogales *et al.* (2010) estudiaron la incorporación de ácido ascórbico 1% en el agua de lavado y desinfección de lechuga cortada. Esto brindó beneficios satisfactorios, que contrarrestan el cambio en la apariencia general del producto causado por el pardeamiento enzimático después de una lesión ocasionada en el tejido vegetal. La utilización de una atmosfera modificada pasiva combinada con ácido ascórbico resulta satisfactoria en el mantenimiento de la calidad de lechuga IV gama durante 10 días de conservación.

Sucapuca (2013), estudió el ácido ascórbico frente a otro tipo de antioxidantes como la cisteína y N-acetilcisteína en la evaluación de la vida de anaquel de chirimoya mínimamente procesada. Las determinaciones sensoriales revelan como mejores resultados a las muestras tratadas con ácido ascórbico y N-acetilcisteína. En el análisis de capacidad antioxidante la N-acetilcisteína presentó valores más altos sin embargo la capacidad antioxidante del ácido ascórbico fue aceptable de igual manera, en cuanto a la vida de anaquel los dos antioxidantes tuvieron una excelente conservación durante 14 y 17 días respectivamente.

Esparza *et al.* (2013), evaluaron el efecto del ácido ascórbico aplicado mediante el método de hidrogenfrío por aspersión y mediante inmersión. En la investigación

demonstraron que la aceptabilidad general de la lechuga de hoja procesada estuvo altamente correlacionada con su sabor, pero no con su apariencia, debido a que todos los tratamientos mantuvieron sus valores de aceptabilidad general y sabor durante el almacenamiento de 14 días, sin embargo, cabe mencionar que+- la lechuga hidrogenfria mediante aspersión con ácido ascórbico y la no hidrogenfria (control) fueron los únicos tratamientos que mantuvieron su apariencia durante el estudio.

Rodríguez *et al.* (2018), evaluaron el efecto del tratamiento con ácidos orgánicos (láctico 1.7%, acético 1.7%, y cítrico 1.7%,) mediante la simulación de una cadena de comercialización de lechuga variedad Batavia, sobre algunos parámetros de calidad. De acuerdo al estudio los sólidos solubles totales disminuyen durante el viaje simulado, debido a las diferentes temperaturas estudiadas. El ácido acético al 1,7% presentó un efecto positivo en la inhibición del pardeamiento enzimático de los tallos. Respecto a la población microbiana nativa, los ácidos estudiados promovieron la disminución de la población de microorganismos hasta las 6 horas luego del tratamiento.

Analuisa (2020), realizó un estudio en lechuga, tomate cherry y zanahoria, en el cual aplicó la combinación de técnicas de corte, tratamiento químico y tipo de envasado en cada hortaliza, sobre el comportamiento fisicoquímico, calidad sensorial, calidad microbiológica y propiedades colorimétricas aplicadas. Determinó que los mejores tratamientos en el análisis sensorial y fisicoquímico resultaron de aplicar ácido ascórbico 250 ppm, corte en tiras 8cm x 3cm aproximadamente envasado al vacío en lechuga, la vida útil obtenida por pérdida de peso fue de 11 días en la lechuga, 19 días en el tomate cherry y 18 días en la zanahoria.

## **3.2 Generalidades del cultivo de lechuga**

### **3.2.1 Lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

La lechuga es una planta anual y autógama, posee una gran variedad de tipos y cultivares. Es originaria de la cuenca del Mediterráneo en la costa meridional, aunque hay quienes afirman que es originaria de la India o de Asia Central. Fue introducida en América por los primeros exploradores, y cultivada inicialmente en el área del Caribe, es la hortaliza de hoja más consumida en el mundo (CCB 2015). Algunos aspectos de calidad para la lechuga, después de eliminar las hojas exteriores son un color verde

brillante (depende de la variedad), hojas crujientes, turgentes, limpias, tiernas, enteras y sin daños mecánicos (Cerdas y Montero 2004).

### 3.2.2 Taxonomía y Morfología

Morfológicamente la lechuga es una planta herbácea y anual. Su órgano comestible son sus hojas sueltas o acogolladas, las cuales son glabras, brillantes, de color verde o rojo, aspecto fundamental en la preferencia de los consumidores (cuadro 1). Esta hortaliza es de consumo en fresco ya sea entera o troceada (Carrasco 2016). La duración del cultivo suele ser de 50 a 60 días para las variedades tempranas y de 70 a 80 días para las tardías como término medio, desde la plantación hasta la recolección (Japón 2016).

**Cuadro 1: clasificación botánica de lechuga.**

Reino Plantae
Subreino Tracheobionta
Superdivision Spermatophyta
División Magnoliophyta
Clase Magnoliopsida
Subclase Asteridae
Orden Asterales
Familia Asteraceae/Compositae
Genero Lactuca L
Especie sativa L

Fuente: adaptado de USDA 2010

#### Raíz

La lechuga tiene raíz pivotante con muchas raíces laterales, posee un sistema radicular profundo. La mayor parte de las raíces laterales se desarrollan en la capa superficial del suelo (Carrasco y Sandoval 2016).

#### Tallo

El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1,2 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta de las ramillas terminales de una inflorescencia (Carrasco y Sandoval 2016).

## Hojas

Las hojas de lechuga caracterizan al producto comercial, aspecto fundamental en la preferencia de los consumidores. Estas se disponen en espiral formando una roseta o un cogollo o cabeza. Son hojas simples, sésiles, con láminas lisas, anchas u angostas, orbiculares, sinuosas. La textura de las hojas se caracteriza por su suavidad, algunas son más crujientes y otras más oleosas, algunas de ellas con nervaduras amplias con mayor prominencia y en algunos tipos, muy crujientes, su sabor puede ser algo amargo, producto del látex que contiene (Carrasco y Sandoval 2016).

## Flores

Hermafroditas, están reunidas en capítulos de color blanco-amarillento, con cinco estambres soldados y un ovario bicarpelar con un solo óvulo que dará origen a la semilla. La fecundación es autógama. Al aire libre su fecundación cruzada es del 1% al 2% (Japón 2016).

## Fruto

Al que con frecuencia se llama semilla, es un aquenio de forma alargada y con varias estrías longitudinales. Es de color blanco o negro, terminando en punta, de 3 a 4 mm de largo y 1 mm de ancho (Japón 2016). El fruto el cuál es indehiscente, es decir no se abre naturalmente, con un vilano plumoso en base que se desprende (Carrasco y Sandoval 2016).

### **3.2.3 Características físico-químicas y organolépticas de la lechuga**

#### Características físico-químicas

La lechuga es fuente importante de vitaminas y minerales; es rica en calcio, hierro y vitamina A. Por otra parte, proporciona poca energía, proteína, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina. El pH se encuentra entre 5,76 – 6,35 (Montesdeoca 2008).

En cuanto a su forma la lechuga es más o menos redondeada según la variedad y su tamaño oscila entre 20 a 30 cm de diámetro, según la variedad a que pertenezca. El peso medio es de aproximadamente 300 gramos, dependiendo de la variedad.

### Características organolépticas

Hojas verdes o moradas, lisas o crespas, dependiendo de la variedad; deben ser crocantes y sin rastro de enfermedades o necrosidades. El color en general, es verde, aunque algunas variedades presentan hojas blanquecinas o incluso rojizas o marrones. Las hojas interiores son amarillentas.

En cuanto a su sabor, este es suave, agradable y fresco. El sabor de las hojas interiores es más intenso y amargo que el de las hojas exteriores (CCB 2015).

### 3.2.4 Variedades

Dentro de la especie *Latuca sativa L.* se diferencian cinco variedades botánicas:

Variedad longifolia (Lam.) Janchen

Son las lechugas que se aprovechan por sus hojas y no forman verdaderos cogollos. Son las llamadas Romanas o Cos, desarrollan hojas grandes, erguidas, oblongas y obovadas, de 20 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho, con nervadura prominente, superficie ligeramente ondulada y borde irregularmente denticulado (Figura 1). El tallo se presenta de mayor longitud que en otras variedades y permanece protegido por el conjunto de hojas, las que forman una cabeza cónica o cilíndrica, alcanzan un gran peso, de hasta 2 kg (Saavedra 2017).

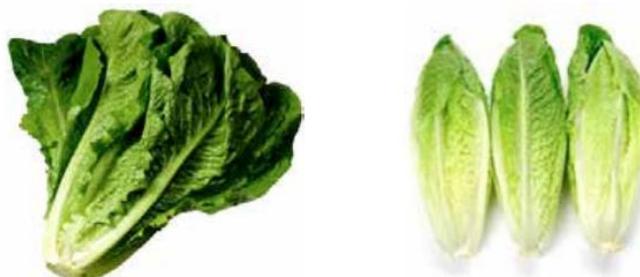


Figura 1. Lechuga Costina o Conconina.

### Variedad capitata (L.) Janchen

Son las variedades que forman un cogollo apretado, la forma de sus hojas suele ser ancha y corresponden a las lechugas conocidas como mantecosas o españolas (figura 2). Presentan hojas lisas, relativamente delgadas, orbiculares, anchas y de textura suave o mantecosa; las hojas más internas forman un cogollo amarillento al envolver las más nuevas, tienen menor tamaño y son más precoces, con ciclos de entre 55 a 70 días, las variedades tradicionales pertenecen a las llamadas Milanese, francesa, Reina de Mayo y española (Saavedra 2017).



Figura 2. Lechuga Española o Gallega y Lechuga Milanese

### *Lactuca sativa* L. Variedad crispera L.

Corresponde a las lechugas que forman cabeza, como las Great Lakes o Batavias. En este grupo se distinguen dos subtipos: las llamadas Iceberg, que forman una cabeza compacta (Figura 3), y las Batavia, que forman una cabeza menos densa, son más pequeñas y de formas irregulares. En ambos casos, el desarrollo de la planta pasa de un estado de roseta hasta que las primeras hojas se alargan para aumentar el grosor de la planta (Saavedra 2017).



Figura 3. Lechuga tipo Iceberg

Las hojas continúan creciendo dentro de este envoltorio, llenándolo hasta que la madurez comercial es alcanzada, son de mayor tamaño, pudiendo llegar a pesar más de 1 kg en el caso de tipo Iceberg compacta, y tienen un período de siembra a cosecha largo (más de 100 días) (figura 4) (Saavedra 2017).



Figura 4. Lechuga tipo batavia

#### Variedad Acephala Dill

Esta subespecie de lechuga se caracteriza por tener las hojas sueltas y dispersas, corresponden a las llamadas Lollo Rosa, Lollo Bionda, hoja de Roble, etc. Son las lechugas de corte o de hojas sueltas, no forma cogollo, no envoltentes (figura 5). Las hojas pueden variar en contenido de antocianos, dando interesantes colores o combinaciones de colores, además los bordes de las hojas son muy variados (Saavedra 2017).



Figura 5. Lechugas LolloBionda y Lollo Ross

#### Variedad augustuana All

Son las lechugas espárrago o de tallo cultivadas únicamente en China. En este tipo se utiliza el tallo carnoso y también las hojas, que pueden presentar color verde o rojizo (figura 6). Presenta un hábito más alto que las otras variedades como resultado del

desarrollo de entrenudos más largos en su tallo, con las hojas dispuestas libremente, sin formar cogollo o grumo (Saavedra 2017).



Figura 6. Lechuga esparrago

### 3.3 Aspecto nutricional

La lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua y su escasa cantidad de hidratos de carbono y menor aún de proteínas y grasas. En cuanto a su contenido en vitaminas, destaca la presencia de folatos, provitamina A o beta-caroteno, y vitaminas C y E. Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y la formación de anticuerpos del sistema inmunológico (Fundación EROSKI 2007). El beta-caroteno está enmascarado por la clorofila, pigmento más abundante. La vitamina E interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. Ejerce una acción antioxidante que también caracteriza a la vitamina C. Ésta participa en la formación de colágeno, huesos, dientes y glóbulos rojos. Favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. En cuanto a los minerales, la lechuga destaca por la presencia de potasio y hierro (cuadro 2). También contiene magnesio y calcio, aunque en menor proporción. El magnesio se relaciona con el funcionamiento del intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante (Fundación EROSKI 2007).

Las hojas más externas de la lechuga concentran la mayor parte de vitaminas y minerales. A pesar que la lechuga es una hortaliza pobre en calorías, sus hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores. La mayoría de las hortalizas contienen gran cantidad de vitaminas y minerales y, al igual que las frutas, pertenecen al grupo de alimentos reguladores en la rueda de los alimentos (Fundación EROSKI 2007).

**Cuadro 2. Composición nutricional por cada 100 gramos de lechuga fresca**

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

**Fuente:** tomado de INFOAGRO 2007

### **3.4 Fisiología de Frutas y Hortalizas**

Los productos frutihortícolas durante su período postcosecha experimentan una serie de cambios asociados a las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo a nivel celular. Del mismo modo, la interacción con el ambiente condiciona la vida útil y la calidad de estos alimentos. Dado a que todos los productos hortícolas frescos siguen siendo organismos vivos, y en general esta es una de las características distintivas de este tipo de productos, es de suma importancia familiarizarse con los aspectos fisiológicos involucrados en el deterioro de los productos frescos (IICA 2017).

Las lechugas son plantas vivas que durante su crecimiento muestran todas las características propias de la vida vegetal (ej.: respiración, transpiración, síntesis y degradación de metabolitos y posiblemente también la fotosíntesis) (FAO 1987).

### 3.4.1 Respiración de frutas y hortalizas

La respiración (oxidación biológica) es la descomposición por oxidación de moléculas de sustratos complejos presentes normalmente en las células de las plantas, tales como almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas más simples como el CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Con esta reacción catabólica se da la producción de energía y de moléculas intermedias que se requieren para sostener la gran cantidad de reacciones anabólicas esenciales para el mantenimiento de la organización celular y la integridad de la membrana de las células vivas. El propósito principal de la respiración es mantener un suministro adecuado de Adenosina trifosfato (ATP). El proceso global de la respiración aeróbica implica la regeneración de ATP a partir de ADP (adenosina difosfato) y Pi (fosfato inorgánico) con la liberación de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Si un azúcar hexosa se utiliza como sustrato, en general ecuación se puede escribir de la siguiente manera:



Una vez el fruto ha sido recolectado, continua vivo a expensas de las reservas, las cuales, a través de la glicólisis y el ciclo de Krebs, son transformadas mediante oxidación enzimática en productos primarios necesarios para la síntesis de nueva materia viva y energía. Si la respiración consume reservas orgánicas, la velocidad a la cual transcurre la reacción condicionará la vida útil de la fruta y el avance de la maduración tras la recolección (Ortolá 2020).

La lechuga, así como las frutas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la manutención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos (FAO 1987).

### 3.4.2 Tasa respiratoria

Se define la tasa respiratoria (TR) como la cantidad de anhídrido carbónico emitido o de oxígeno consumido por kg de fruta y por hora. Esta tasa depende de numerosos factores, tales como:

- El estado de desarrollo: los frutos se caracterizan por tener una alta actividad respiratoria en estados jóvenes que disminuye en estados posteriores, con la excepción de los frutos climatéricos, que, al madurar, presentan de nuevo un aumento en la respiración.
- Tamaño del producto: a mayor relación superficie/volumen del fruto, mayor actividad respiratoria.
- Temperatura: tiene un efecto directo en la velocidad de la actividad respiratoria. A mayor temperatura, mayor actividad respiratoria, lo que acelera el proceso de maduración, mientras que, a bajas temperaturas, la velocidad disminuye.
- Composición atmosférica: las concentraciones  $O_2$  y  $CO_2$  ambientales modifican la velocidad de la actividad respiratoria. Así, si los niveles de oxígeno son más bajos ( $< 21\%$ ) y los de dióxido de carbono más altos ( $> 0.03\%$ ) que los del aire ambiente, la respiración se reduce y consecuentemente se prolonga la vida de almacenamiento.
- Presencia de etileno: estimula la respiración de tejidos y órganos vegetales.
- Daños mecánicos y microorganismos: provocan un aumento en la actividad respiratoria.
- Nivel de corte: muy importante en productos de VI gama. La tasa respiratoria de frutas y vegetales cortados es mayor a la de los productos enteros. Este aumento está asociado a una aceleración de su metabolismo por el estrés inducido debido a las heridas provocadas, lo que hace que la vida se acorte (Ortolá 2020).

En definitiva, el conocimiento de la pauta respiratoria de los productos hortofrutícolas en función de los procesos a los que hayan sido sometidos, será de gran ayuda para elegir las condiciones de almacenamiento, envasado y distribución adecuadas para prolongar la vida útil (Ortolá 2020).

### 3.4.3 Transpiración

Las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua (80% o más) y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes

de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración. La atmósfera interna de frutas y hortalizas está saturada con vapor de agua, pero a la misma temperatura el aire circundante está menos saturado. Existe pues un gradiente a lo largo del cual el vapor de agua se mueve desde el producto al aire que lo rodea. (FAO 1987).

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.

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 ( $10-20 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Krarup *et al.* (2008), indican por su parte, que la tasa respiratoria de las lechugas a  $0^\circ\text{C}$  va entre  $5$  a  $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

#### 3.4.4 Etileno

Es una hormona o sustancia naturalmente producida por las plantas, la cual favorece la maduración de frutos climatéricos, bien sea la producida internamente por las frutas o aplicada externamente. Es un gas incoloro de olor dulce y se detecta aún a concentraciones bajas. En los frutos no climatéricos la producción de etileno es muy baja y su concentración se mantiene siempre baja. Las hortalizas son muy sensibles a este gas, las cuales en su presencia se vuelven amarillas y marchitas, acelera la respiración y la transpiración. Esta condición hace que sea necesario el conocimiento del manejo de los productos de acuerdo a la producción y sensibilidad al etileno (IICA 2017)

#### 3.4.5 Efectos del etileno

El inicio de la maduración organoléptica natural se acompaña, en los frutos climatéricos de un incremento en la producción de etileno. El etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) acelera el deterioro y la senescencia en los tejidos vegetales. Los tejidos cortados inducen altas velocidades de producción de este gas, el cual contribuye a la síntesis de enzimas implicadas en el deterioro de los productos agrícolas. Este gas puede ser sintetizado por la misma planta o

suministrado desde el exterior. Esta hormona se asocia a un receptor, formando un complejo que genera la reacción primaria de una serie de reacciones en cadena, que dan lugar a diferentes respuestas fisiológicas (López 1992). Kader (2002), afirma que entre las respuestas de las hortalizas a la acción del etileno están el ablandamiento acelerado, el aumento de la absorción y la inducción de desórdenes fisiológicos, los cuales afectan la calidad final de la hortaliza. La lechuga presenta alta susceptibilidad al etileno (cuadro 3). El punteado pardo y la pérdida de color verde por degradación de la clorofila, son los síntomas más comunes. La velocidad de producción de etileno de la lechuga es muy baja, menor a 0,1  $\mu\text{l/Kg-h}$ .

**Cuadro 3. Clasificación de hortalizas de hoja según producción y sensibilidad al etileno.**

Nombre común	Nombre científico	Producción de Etileno*	Sensibilidad al Etileno
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Muy Bajo	Alta
Apio	<i>Apium graveolens</i> <i>var. Dulce</i>	Muy Bajo	Moderada
Berro	<i>Lepidium sativum</i> ; <i>Nasturtium officinales</i>	Muy Bajo	Alta
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>	Muy Bajo	Alta
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	Muy Bajo	Alta
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>	Muy Bajo	Alta
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Muy Bajo	Alta

FUENTE: adaptado de DECCO 2014

\* Tasa de producción de etileno  
Muy Baja: <0.1  $\mu\text{L/Kg-hr}$  a 20 °C

### 3.5 Efectos de la humedad sobre la vida anaquel de la lechuga

Cuando el aire está 100% saturado, toda agua adicional se condensa. El punto de saturación se designa como Humedad Relativa de 100%; el aire totalmente seco tiene una humedad relativa de 0%. Si la atmósfera que rodea al producto tiene 50% de Humedad Relativa (H.R.), el vapor de agua pasa del producto al aire circundante ya que su atmósfera interna tiene 100% de H.R. Mientras más seco esté el aire, más rápido pierde agua el producto mediante la transpiración, De este modo si se va a ejercer un control sobre la transpiración será conveniente mantener el producto en un ambiente con

humedad relativa alta, reduciendo de ese modo la pérdida de agua y ayudando a extender la vida de poscosecha (FAO 1987).

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) señala como óptimo entre 95 a 100% HR. Según Agüero *et al.* (2007), el ambiente óptimo de poscosecha 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).

### **3.6 Efectos de la temperatura**

La temperatura influye directamente sobre la respiración y si se permite que incremente la temperatura del producto, igualmente incrementará la velocidad de la respiración, generando una mayor cantidad de calor. Así, manteniendo baja la temperatura, se puede reducir la respiración del producto y ayudar a prolongar su vida de poscosecha. La temperatura además de la influencia que ejerce sobre la respiración, también puede causar daño al producto mismo. Si el producto se mantiene a una temperatura superior a los 40° C, se dañan los tejidos y a los 60 °C toda la actividad enzimática se destruye, quedando el producto muerto. El daño causado por la alta temperatura se caracteriza por sabores alcohólicos desagradables, generalmente como resultado de reacciones de fermentación y de una degradación de la textura del tejido (FAO 1987).

La temperatura de almacenamiento es uno de los principales factores determinantes de la calidad y la vida útil en poscosecha 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. Agüero *et al.* (2008), 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. 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.

### **3.7 El pardeamiento oxidativo**

El pardeamiento oxidativo es causado por la enzima polifenoloxidasas, la cual en presencia de O<sub>2</sub> convierte los compuestos fenólicos de frutas y hortalizas en ortoquinonas, las que a su vez sin intervención de enzimas particulares se polimerizan y forman melaninas y pigmentos de color pardo. Los compuestos fenólicos se encuentran disueltos en la vacuola y las enzimas oxidativas se ubican en el citoplasma, permaneciendo separados por el tonoplasto que impide el contacto entre las enzimas y sus sustratos; la oxidación sólo ocurre cuando esta barrera se rompe a causa de heridas, cortes, contusiones o ataque microbiano, provocando la mezcla de estos compuestos, los que en presencia de oxígeno dan origen a la reacción de oxidación y al pardeamiento (Fennema *et al*, citados por Toledo 2009). La adición de compuestos reductores que transforman las quinonas en fenoles permite retardar o impedir el pardeamiento enzimático (Cheftel y Cheftel, citados por Toledo 2009). El compuesto más usado es el ácido ascórbico que es un agente reductor, antioxidante y secuestrante de metales, que inhibe el pardeamiento en varias frutas y hortalizas (King y Bolin, citados por Toledo 2009).

### **3.8 Tratamientos químicos en frutas y hortalizas**

Existe una gran variedad de tratamientos químicos que permiten incrementar la vida útil de un alimento conservando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales ya sea mediante su actividad antimicrobiana o su reacción química con la matriz alimentaria. El desafío de usarlos como preservantes en alimentos es mantener en lo posible las características propias de los alimentos en los cuales han sido incorporados.

#### **3.8.1 Ácido ascórbico**

El ácido L-ascórbico es un compuesto que presenta gran afinidad con los carbohidratos. Las propiedades ácidas y reductoras que este posee son debidas al resto 2,3-enodiol en su estructura. Actúa como un secuestrante de oxígeno, haciéndolo muy útil en productos que contienen aire en el espacio de cabeza; se requieren alrededor de 3.5 mg de ácido ascórbico para secuestrar el oxígeno en 1 cm<sup>3</sup> de aire en el espacio de cabeza. También ha sido utilizado como antioxidante generalmente reconocido como seguro (GRAS) que no tiene restricciones sobre su nivel de uso en alimentos de IV y V gama, previniendo el pardeamiento oxidativo y demás reacciones de este tipo, puesto que actúa como un

agente quelante sobre enzimas que contienen cobre como la PPO. Concentraciones de 200 ppm de ácido ascórbico permiten prevenir las reacciones oxidativas en la matriz alimentaria. La actividad inhibitoria del oscurecimiento del ácido ascórbico consiste en la reducción de o-quinonas generadas durante la oxidación de compuestos fenólicos por la polifenoloxidasas (Sapers y Ma, citados por Esparza-Rivera 2013). Se ha comprobado que esta vitamina hidrosoluble difunde a través de los tejidos de la lechuga de hoja, lo cual resulta una ventaja adicional del uso del AA (ácido ascórbico), ya que la efectividad de las disoluciones químicas para mantener la calidad sensorial de productos vegetales no depende únicamente de la reactividad y concentración del reactivo en la solución, sino también del ritmo de difusión del compuesto a través de los tejidos del vegetal (Castañer *et al*, citados por Esparza-Rivera 2013).

El ácido ascórbico es un antioxidante soluble en agua que actúa como un agente reductor para algunos oxidantes, reduciendo la velocidad de pardeamiento en frutas y hortalizas. Tratamientos de inmersión con ácido ascórbico retardan el pardeamiento enzimático en hortalizas precortadas. Roura *et al*, (2008), encontraron que lechugas precortadas sometidas a tratamiento de inmersión con ácido ascórbico en concentración de 500 ppm, incrementaron su vida de almacenamiento en cerca del 10% respecto al testigo. Arzu *et al* (2008), en un estudio sobre los efectos de varios inhibidores de pardeamiento enzimático en lechuga fresca, encontraron que el empleo de ácido ascórbico y de cisteína incrementaron la actividad antioxidante de la lechuga, mientras que los ácidos cítrico y oxálico no tuvieron efecto sobre la actividad antioxidante total. Concluyeron que los fenoles en la lechuga fueron protegidos de la oxidación por el ácido ascórbico y la cisteína.

### **3.9 Almacenamiento**

Una temperatura de 0°C y una humedad relativa mayor del 95% se requiere para optimizar la vida de almacenaje de la lechuga. El daño por congelamiento puede ocurrir si la lechuga es almacenada a menos de -0.2°C. La apariencia del daño es un oscurecimiento translúcido o un área embebida en agua, la cual se torna legamosa y se deteriora rápidamente o después de descongelarse. Durante el almacenamiento pueden producirse pudriciones blandas bacterianas, causadas por numerosas especies de bacterias, dando lugar a una destrucción legamosa del tejido infectado. Las pudriciones blandas pueden dar pie a infecciones por hongos. La eliminación de las hojas exteriores,

enfriamiento rápido y una baja temperatura de almacenamiento reducen el desarrollo de las pudriciones blandas bacterianas (INFOAGRO 2007).

### **3.10 Conservación de hortalizas**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) menciona que la función principal de la preservación (conservación) de los alimentos es evitar el desarrollo de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos) para que el alimento no se deteriore durante el almacenaje. De igual manera, deben controlarse los cambios químicos y bioquímicos que provocan su deterioro. Con ello, se logra obtener un alimento sin cambios en sus propiedades organolépticas comunes (color, sabor, olor, textura, aroma, etc.) con valor nutritivo y que puede ser consumido sin riesgo durante un cierto periodo (vida útil). (FAO 1987).

### **3.11 Vida de anaquel en hortalizas**

La vida de anaquel se considera como el período de tiempo en el cual el alimento conserva los atributos esperados por el consumidor y es el momento adecuado para comercializarlo. Es esencial identificar y medir estos atributos críticos del alimento en relación a su sabor, textura, color y otras características sensoriales, así como las variables que producen el deterioro de estos atributos como la rancidez, decoloración o mal olor y bajo qué circunstancias (tiempo-temperatura). Esto ayuda a determinar su perfil de calidad y en base a este, medir su deterioro durante su vida de anaquel hasta el punto que este sea aceptable por el consumidor (Roc *et al.* 2014).

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Descripción de lugar**

El experimento se realizó en la planta procesadora de frutas y hortalizas de la Estación Experimental y Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador carretera al puerto de la Libertad, km 57, cantón, Tecualuya, Municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, con una ubicación geográfica en altitud 1328 N, Longitud 8906W. Bajo las condiciones de 50 m.s.n.m, y con una temperatura mínima 22.3 °C y, Máxima 33 °C. El experimento se realizó en el periodo del 9 al 20 de junio 2022. En dicho establecimiento se llevó a cabo la etapa de experimentación y evaluación de

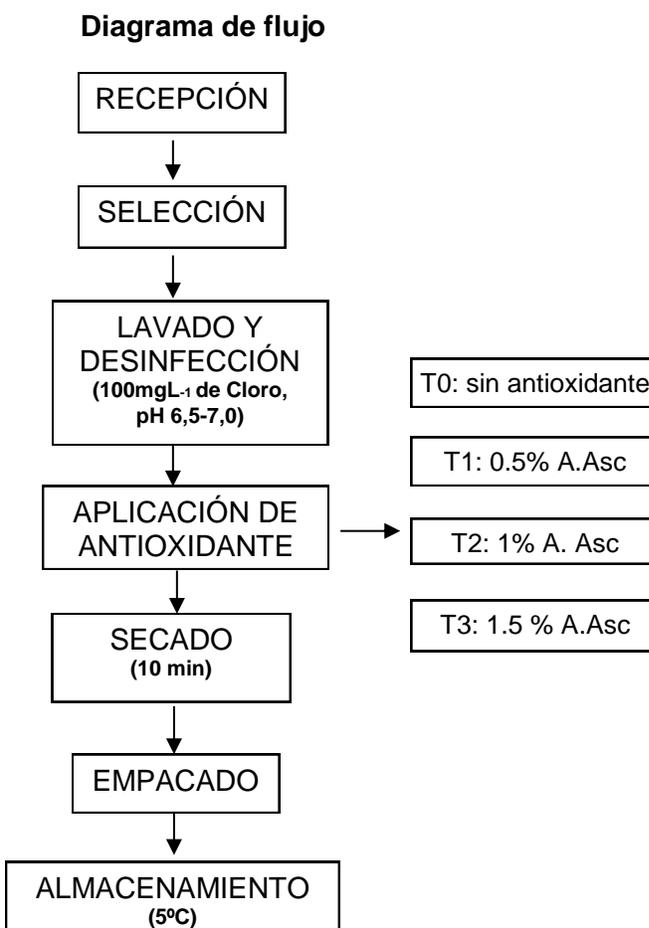
diferentes dosis de antioxidante en lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad sementel y su efecto en la calidad poscosecha en condiciones de refrigeración.

## 4.2 Materia prima y antioxidante

La materia prima para la investigación se obtuvo con productores agrícolas ubicados en el municipio de Nahuizalco, Sonsonate; se utilizó lechuga de hoja (*Lactuca sativa L.*) variedad sementel, fueron cosechadas por la mañana y seleccionadas de acuerdo a su estado de madurez, peso y calidad, posteriormente se trasladaron en jabas de plástico en un vehículo cerrado a temperatura ambiente desde la parcela hacia la planta procesadora de frutas y hortalizas. Para establecer los tratamientos se utilizó como antioxidante el ácido ascórbico grado reactivo adquirido en Distribuidora del Caribe El Salvador, ubicada en Calle el progreso #2632-A, Colonia Flor blanca, San Salvador, El Salvador.

## 4.3 Montaje del ensayo

### 4.3.1 Proceso de acondicionamiento de lechugas para el montaje del ensayo



#### 4.3.2 Descripción del proceso

##### **Recepción y selección**

Las lechugas fueron transportadas a la planta procesadora de frutas y hortalizas de la Estación Experimental, dentro de jabas de plástico 2 horas después de la cosecha. Posteriormente se procedió a eliminar todas las hojas que presentaron algún tipo de daño mecánico y/o fitopatológico (figura 7), así mismo se eliminaron las primeras hojas de cada lechuga dejando solo aquellas que se encontraron en óptimas condiciones con un peso promedio de 300 g por lechuga.



Figura 7. Selección y pesaje de lechugas

##### **Lavado y desinfección**

Las lechugas seleccionadas se lavaron con suficiente agua potable durante 5 min para eliminar los restos de suciedad adheridos a las hojas y al tallo, luego para la desinfección se realizó una inmersión en tina de acero inoxidable con capacidad de en solución de 100 L, en la cual se preparó una dilución de 100 ppm de cloro con un pH de 6.5 y se sumergieron por 5 minutos (figura 8), posteriormente se enjuagaron con suficiente agua potable para eliminar los restos de cloro. Después de esto se dejaron escurriendo por 10 min a temperatura ambiente (28 °C). Las 48 lechugas lavadas y escurridas se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos y un testigo, cada tratamiento con cuatro lechugas.



Figura 8. Lavado y desinfección de las lechugas

### Aplicación de antioxidante

Previo al acondicionamiento de las lechugas se cortó una parte del tallo utilizando un cuchillo de hoja lisa de acero inoxidable (figura 9). Para acondicionarlas se colocó cada tratamiento y sus cuatro repeticiones (16 lechugas) una a la vez dentro de una tina de acero inoxidable por inmersión especialmente en el corte del tallo durante 5 minutos de acuerdo a cada tratamiento establecido: T0 sin antioxidante, T1 ácido ascórbico a 0.5%, T2 ácido ascórbico a 1% y T3 ,1.5%.



Figura 9. Aplicación de ácido ascórbico como antioxidante en lechugas

### Secado

Los tratamientos se sometieron a una operación de secado, para ello se dejaron escurrir por gravedad durante 10 minutos en una mesa de acero inoxidable con inclinación y agujeros para eliminar el exceso de humedad del medio y facilitar el empacado (figura 10), así evitar el crecimiento de hongos en su almacenamiento.



Figura 10. Secado de lechugas

### **Empacado**

Después del drenado del exceso de solución en lechugas de todos los tratamientos y el control, cada lechuga fue empacada en bolsas de polipropileno de un grosor de 20  $\mu\text{m}$  impermeables a la humedad, cuyas bolsas tenían 8 agujeros para la salida de gases y abierta de la parte posterior (figura 11). Se colocó una lechuga por bolsa y se pesaron utilizando una balanza digital la cual determinó el peso del producto.



Figura 11. Empaque de lechuga para el almacenamiento

### **Almacenado**

Posteriormente a la aplicación de los tratamientos, se procedió al almacenamiento para su conservación; el cual se realizó en una refrigeradora convencional de la planta a una temperatura de 5°C (figura 12), por un período total de 11 días.



Figura 12. Almacenamiento de lechugas en condiciones de refrigeración a 5°C

#### 4.4 Medición de variables

Para analizar el comportamiento del producto en las condiciones de almacenamiento y bajo el efecto del antioxidante, se enumeraron las 4 repeticiones de 1 al 4 cada producto de cada tratamiento para tomar una muestra al azar en el día 1, día 5 y día 11, haciendo un total de 3 tomas de datos.

##### 4.4.1 Análisis fisicoquímicos

##### Medición de pH y acidez titulable

Los análisis químicos (pH y Acidez) se llevaron a cabo en el Laboratorio de la Planta de Procesadora de Frutas y Hortalizas. Dentro de los análisis evaluados fueron acidez titulable, la cual, se realizó por medio del método volumétrico, utilizando como agente titulante hidróxido de sodio y como indicador fenolftaleína (figura 13), así mismo se midió el pH mediante un potenciómetro triturando 5 gramos de cada hortaliza aproximadamente en agua destilada, la medición se realizó en el día 1, día 5 y día 11.



Figura 13. Medición de pH y acidez en lechuga bajo los tratamientos aplicados

## Medición de sólidos solubles totales

Se utilizó el refractómetro digital de bolsillo (ATAGO PAL-BX/ACID 181) para ello se colocó unas gotas de agua destilada en el lente para limpiarlo, posteriormente se introdujo unas gotas del zumo de la muestra de hojas de lechuga para determinar los grados brix (figura 14), de esta manera se obtuvo el resultado en la pantalla, la medición se realizó en el día 1, 5 y 11.



Figura 14. Medición de sólidos solubles totales en lechuga

### 4.4.2 Análisis sensorial

Se midieron los siguientes parámetros organolépticos; apariencia, oscurecimiento, turgencia y sabor. Después de aplicar las tres dosis de antioxidante, se procedió a realizar la prueba por medio de un panel de catación, para cada toma de datos se asignó una hoja de catación, proporcionando una muestra a cada panelista la cual consistió en una hoja entera de lechuga de cada tratamiento (anexo 4). Se realizaron tres tomas de datos, la primera fue el día 1, día 5 y 11 días después de aplicados los tratamientos.

El comité evaluador estuvo integrado por 4 panelistas consumidores frecuentes del producto (no entrenados). El desarrollo de la prueba, se realizó con una prueba afectiva de aceptación por atributos (figura 15). Para esto se utilizó una ficha de catación con una escala de 10 puntos por atributo (ver anexo 3), siendo el 1 “desagradable” y el 10 “agradable”, con el objetivo de determinar si los panelistas encuentran diferencias significativas entre los tratamientos siendo 5 el límite aceptable. Para la interpretación de valores se establecieron los siguientes criterios en la escala hedónica verbal.

Todos los análisis sensoriales fueron evaluados utilizando hojas enteras de lechugas seleccionadas aleatoriamente, estas fueron exhibidas en un plato plano de material plástico derivado del poliestireno expandido (EPS). Todas las muestras preparadas fueron etiquetadas con números y letras aleatorios de 4 dígitos asignados para el tratamiento respectivo.

1 = Desagradable

2 = Moderadamente desagradable

3 = Poco desagradable

4 = Ligeramente desagradable

5 = No me agrada, ni me desagrada

6 = ligeramente agradable

7-10 Agradable



Figura 15. Evaluación sensorial de lechuga

#### 4.5 Metodología estadística

Se aplicó el Diseño experimental Completamente al Azar (DCA) con 4 réplicas por cada tratamiento. Los tres tratamientos fueron representados por las 3 dosis de antioxidante (ácido ascórbico a 0.5%, 1%, y 1.5%).

La unidad experimental correspondió a cada una de las bolsas con lechuga donde se aplicaron los tratamientos en estudio. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y un análisis de varianza con una probabilidad estadística del 1% (P-valor=0,01). La unidad experimental correspondió a cada una de las bolsas con lechuga donde se aplicaron los tratamientos en estudio. En cada atributo de la ficha de evaluación, el valor numérico se estableció según el punto marcado por el panelista en la escala (Anexo 1).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la organización y procesamiento de la información obtenida en la parte experimental para los tratamientos: tratamiento 0 (T0): testigo absoluto (sin aplicación de antioxidante); tratamiento 1 (T1): aplicación de ácido ascórbico en dosis de 0.5%; tratamiento 2 (T2): Aplicación de ácido ascórbico en dosis de 1%; Tratamiento 3 (T3): aplicación de ácido ascórbico en dosis de 1.5%; se aplicó estadística descriptiva básica como media aritmética, desviación típica, coeficiente de variación, y representación gráfica. También se realizó un análisis de correlación de Pearson y el Análisis de Varianza (ANOVA). Finalmente se ejecutó el método multivariante análisis por componentes principales (ACP). Los resultados se presentan a continuación:

### 5.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la calidad poscosecha de lechuga

#### 5.1.1 Variable pH

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.6812 mayor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% no presentaron diferencias estadísticas significativas en el pH. Sin embargo, al analizar las medias se observa que el T3 (1.5% de antioxidante) presenta el mayor valor de pH con una media de 5.74 y el tratamiento testigo (sin antioxidante) mostró el menor pH con una media de 5.66 (figura 16) (anexo 5).

Estos resultados coinciden con lo afirmado por Montesdeoca (2008), expresando que el pH de la lechuga fresca se encuentra entre 5,76 – 6,35. Los resultados demuestran que los tratamientos con ácidos ascórbico en las concentraciones estudiadas no tuvieron efecto en las lechugas puesto que los tratamientos fueron aplicados sobre el tallo.

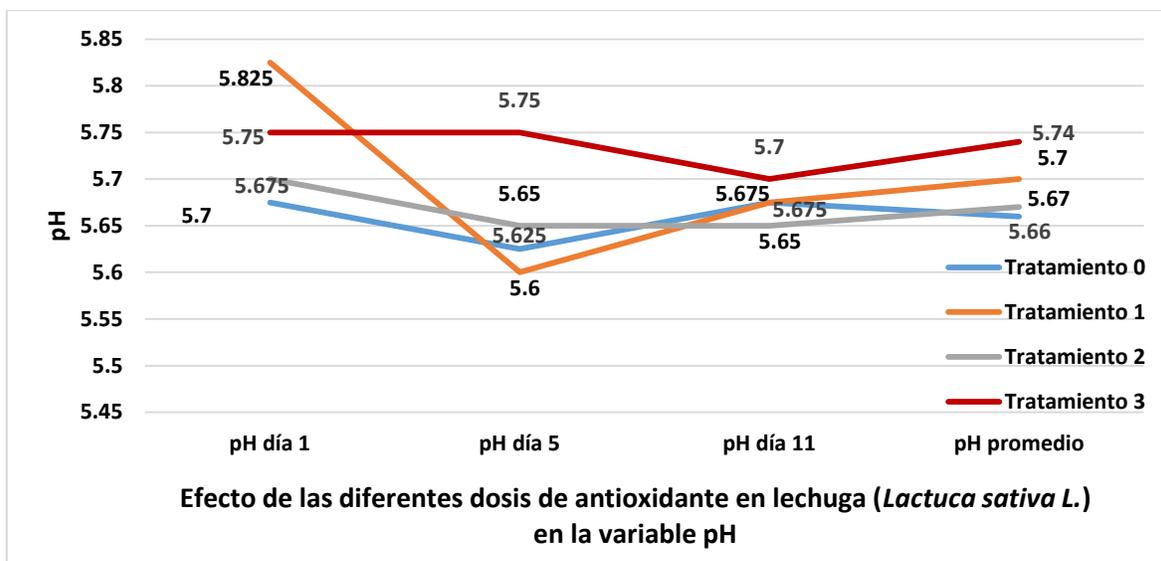


Figura 16. Variable medición de pH en las diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa* L.)

### 5.1.2 Sólidos Solubles Totales (SST)

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.0008 menor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en la cantidad de sólidos solubles totales. Al analizar las medias se observa que el tratamiento testigo (sin antioxidante) presenta el mayor valor de sólidos solubles totales con una media de 2.33 y el tratamiento T3 (1.5% de antioxidante) mostró el menor valor de sólidos solubles totales con una media de 1.94 (figura 17) (anexo 6).

La figura 17 muestra el comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) presentes en el almacenamiento de la lechuga de hoja variedad sementel. Por lo general la lechuga se caracteriza por tener valores bajo de SST. La tendencia general al aplicar las diferentes dosis de ácido ascórbico como antioxidante en lechuga fue a disminuir los primeros cinco días a excepción del tratamiento testigo (sin antioxidante) donde el contenido de sólidos aumentó en el día cinco, posteriormente se mantuvieron estables. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Rodríguez, Ortega y Piñeros (2018), en su estudio sobre lechuga variedad Batavia tratada con ácidos orgánicos (ácidos: láctico, acético y cítrico) y sin tratamiento en el esquema del viaje simulado observaron un comportamiento de los °Brix

similar, los cuales disminuyeron en promedio para todos los tratamientos y demostraron que no existió una tendencia definida en la variación de sólidos solubles y acidez a través del tiempo.

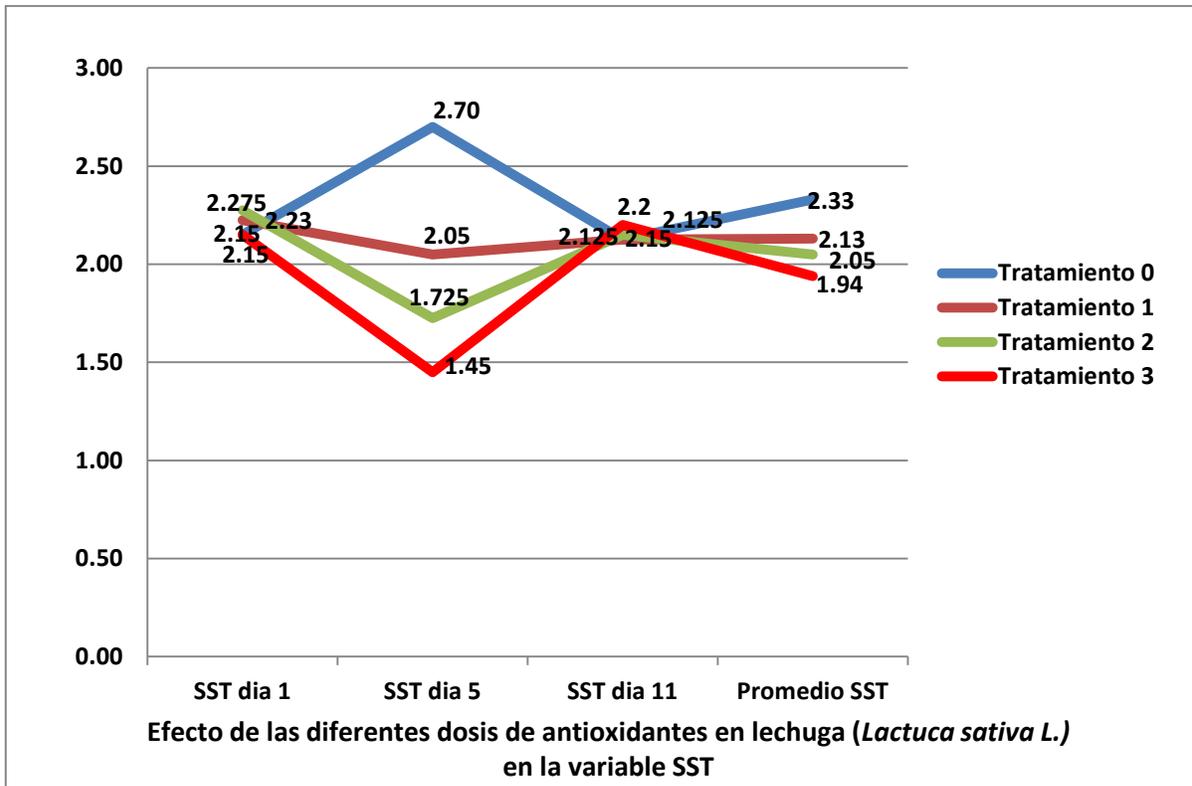


Figura 17. Variable sólidos solubles totales en las diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa L.*)

### 5.1.3 Acidez titulable

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.4823 mayor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% no presentaron diferencias estadísticas significativas en el grado de acidez. Sin embargo, al analizar las medias se observa que el T1 (0.5% de antioxidante) presenta el mayor valor de acidez con una media de 0.016 % y los tratamientos testigo (sin antioxidante), T2 (1%) y T3 (1.5%) mostraron la menor acidez con una media de 0.013% (figura 18) (anexo 7).

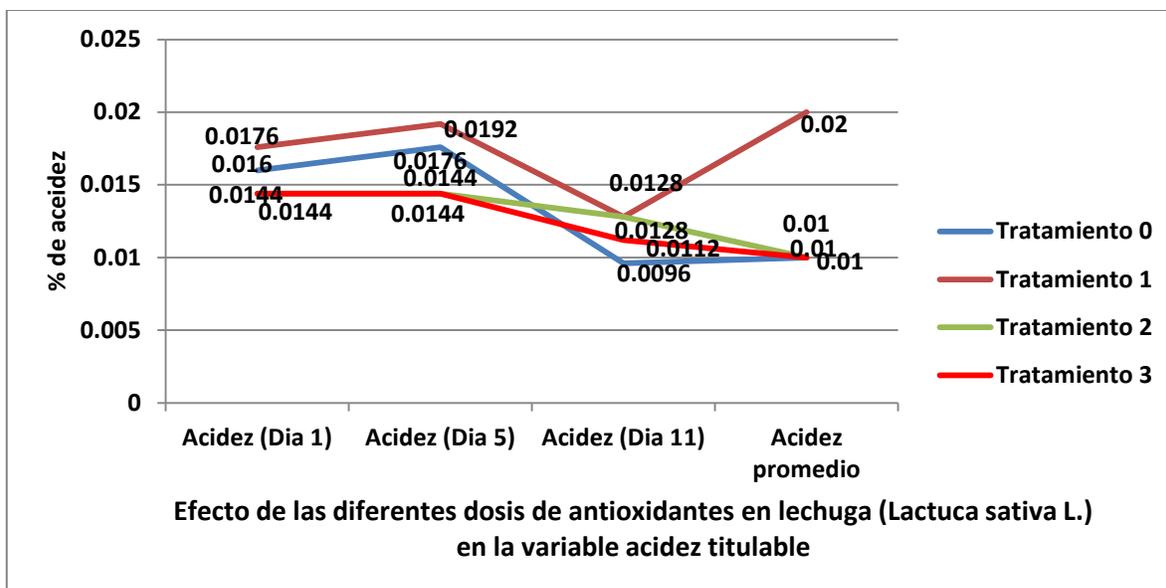


Figura 18. Variable medición de % de acidez en las diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La variación del porcentaje de acidez proveniente de todos los tratamientos durante el almacenamiento de las lechugas fue mínima, la acidez inicial y final fue óptima ya que se asemejó al estudio realizado por Vaca (2013), obtuvo un valor de 0.013% para lechuga de procesamiento mínimo. Se pudo también observar que la inmersión en las diferentes dosis de ácido ascórbico no alteró significativamente el valor del porcentaje de acidez y solo actuó contrarrestando las reacciones enzimáticas provocadas por el daño en la corteza en el tallo a causa del corte.

#### 5.1.4 Peso (g)

Durante el estudio no fue posible tener un grupo homogéneo en cuanto a peso ya que el peso inicial de todas las lechugas en estudio, variaron entre 245 g a 339 g, por lo tanto, en cada toma de datos se analizó el peso en lechugas diferentes, para su posterior descarte, lo cual pudo haber provocado la obtención de resultados no confiables estadísticamente.

### 5.2. Análisis descriptivo de los parámetros sensoriales evaluados en la calidad postcosecha de lechuga.

Utilizando el software estadístico Infostat® 2021, se observaron los resultados de los análisis sensoriales, a fin de conocer el comportamiento de los panelistas con respecto a los atributos y los niveles de significancias de los tratamientos.

### 5.2.1 Apariencia del tallo

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.0002 menor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en la variable apariencia del tallo. Al analizar las medias se observa que el T3 (1.5%) presenta el mayor valor de apariencia del tallo con una media de 7.8 y el tratamiento testigo (sin antioxidante) mostró el menor valor de apariencia del tallo con una media de 3 (figura 19) (anexo 8).

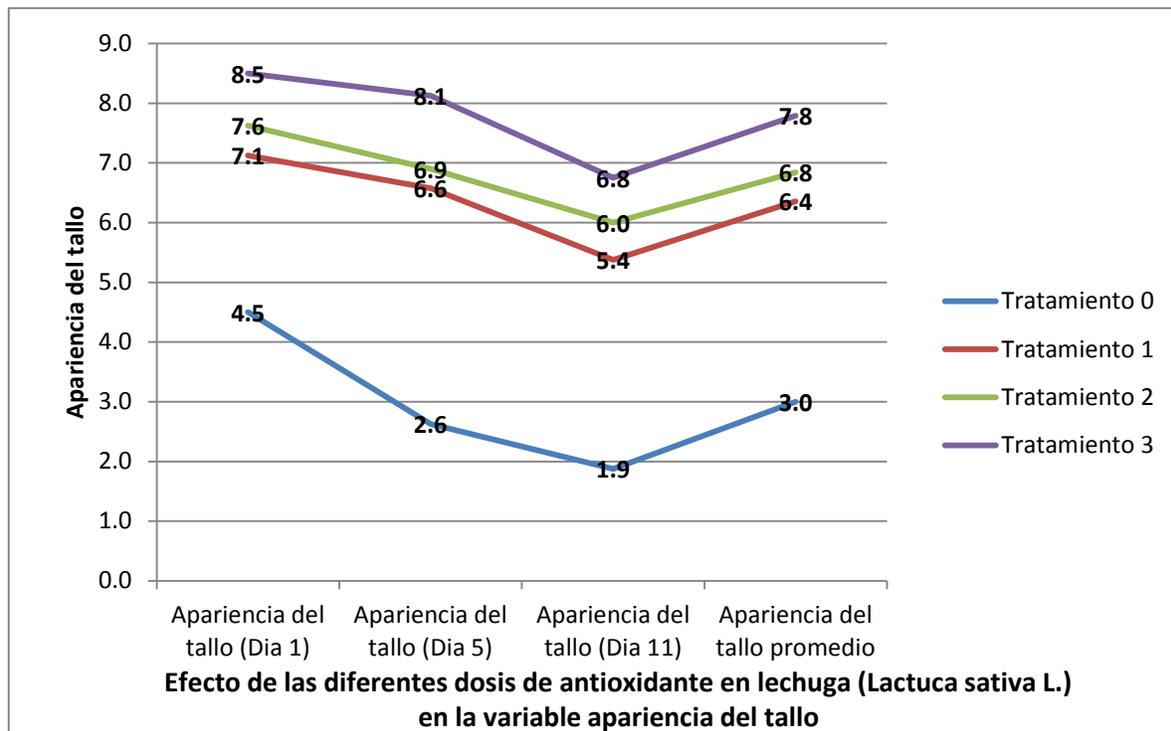


Figura 19. Variable apariencia del tallo con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa L.*)

Durante el tiempo de almacenamiento, la tendencia de las lechugas con respecto a la apariencia fue a disminuir lo que implica que existió un deterioro leve del producto por causa de pardeamiento, sin embargo, se demostró que los tratamientos tuvieron un efecto positivo en la disminución del deterioro y por ende en la apariencia, en cuanto apariencia del tallo el día 1 y 5 se mantuvieron en un rango de aceptación por parte de los panelistas

así mismo observaron una ligera reducción en el día 11. Esto concuerda con Rodríguez *et al.* (2018), en su experimentación observaron un notorio pardeamiento de lechugas con el paso del tiempo a pesar de haber sido tratadas con un 50 antioxidante, manifestaron que el problema en dicho estudio pudo ser controlado al combinar el uso de un antioxidante con el envasado al vacío. Según Lana *et al.* (2005), la degradación de la textura de los productos mínimamente procesados durante el almacenamiento, es ocasionada principalmente por la hidrólisis de los componentes de la pared celular, las células lesionadas por el corte liberan enzimas proteolíticas y pectinolíticas que se difunden hacia el interior de los tejidos, ocasionando el ablandamiento rápido afectando directamente la apariencia.

### 5.2.2 Oscurecimiento en el tallo

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.0067 menor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en la variable oscurecimiento del pedúnculo. Al analizar las medias se observa que el T3 (1.5%) presenta el mayor valor de oscurecimiento del pedúnculo con una media de 6.75 y el tratamiento testigo (sin antioxidante) mostró el menor valor de apariencia del pedúnculo con una media de 2.84 (figura 20) (anexo 9).

La aplicación de las diferentes dosis de ácido ascórbico como antioxidante disminuyó pronunciadamente el grado de oscurecimiento en las lechugas, sin embargo los panelistas percibieron oscurecimiento en el tallo de las lechugas logrando un nivel máximo de calificación de 7.9 (ligeramente agradable), el principal factor que influyó fue el oscurecimiento que se presentó en la superficie de corte del tallo como resultado de la alteración que ocurrió, permitiendo que sustratos y enzimas oxidadas entraran en contacto. Tal como afirmaron Tavarini *et al.* (2007) y Chiesa *et al.* (1997), las reacciones enzimáticas y no enzimáticas con compuestos fenólicos producen pardeamiento en los pigmentos de los tejidos un factor limitante en el almacenamiento de productos mínimamente procesados.

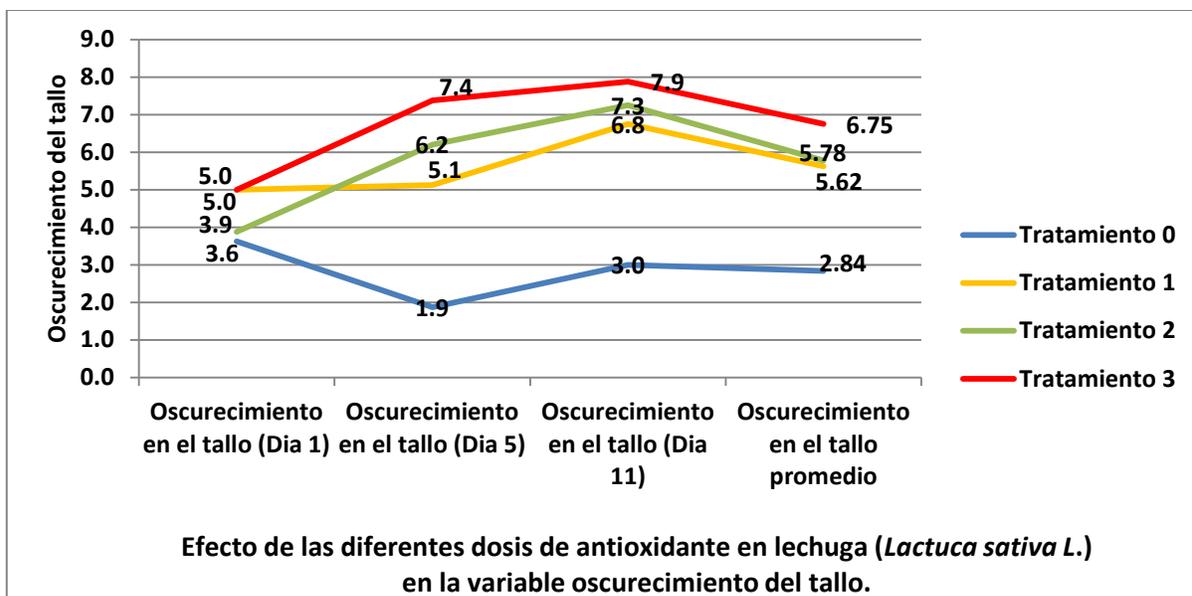


Figura 20. Variable oscurecimiento del tallo con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa* L.)

### 5.2.3 Turgencia general

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.0079 menor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en la variable turgencia general. Al analizar las medias se observa que el T3 (1.5%) presenta el mayor valor de turgencia general con una media de 8.17 y el tratamiento testigo (sin antioxidante) mostró el menor valor de turgencia general con una media de 4.38 (figura 21) (anexo 10).

Las lechugas del tratamiento testigo (sin antioxidante) presentaron una turgencia significativamente menor, demostrando una mayor sensibilidad a la pérdida de turgencia en postcosecha en comparación a las lechugas tratadas con ácido ascórbico. Wood *et al.* (2005) afirmaron que 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 sin ningún tratamiento.

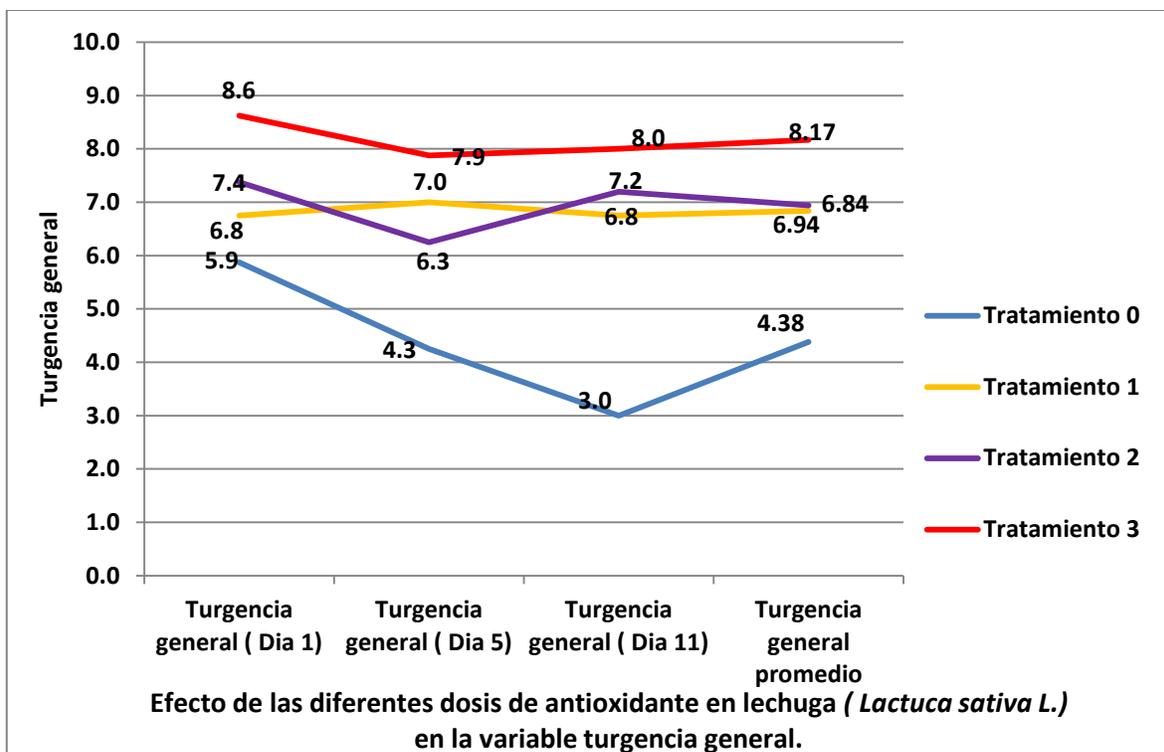


Figura 21. Variable turgencia general con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa L.*)

#### 5.2.4 Sabor extraño

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró con una probabilidad de error de 0.0194 mayor que el nivel de significancia  $\alpha=0.01$  que las dosis de antioxidante de 0.5%, 1%, y 1.5% no presentaron diferencias estadísticas significativas en el atributo sabor extraño. Sin embargo, al analizar las medias se observa que el T3 (1.5% de antioxidante) presenta el mayor valor en el sabor extraño con una media de 6.42 y el tratamiento testigo (sin antioxidante) mostró el menor valor de sabor extraño con una media de 3.9 (figura 22) (anexo 11).

Esto concuerda con Esparza- rivera *et al.*(2013), en su investigación observaron que el sabor y la aceptabilidad general de la lechuga tratada por inmersión por ácido ascórbico se mantuvieron durante los 14 días de almacenamiento en frío, destacaron que el almacenamiento a baja temperatura 5 °C ayudo a reducir el ritmo de hidrólisis de azúcares y otros componentes de la lechuga durante las etapas poscosecha, y esto minimizo los cambios de sabor de este producto durante el periodo de almacenamiento.

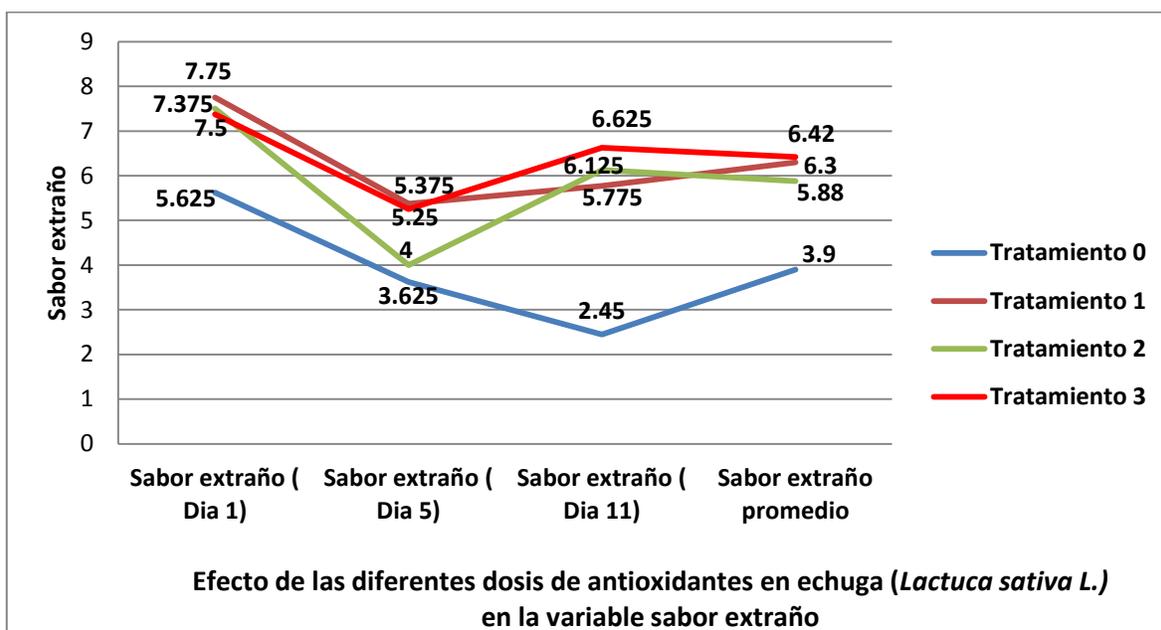


Figura 22. Variable medición sabor extraño con la aplicación de diferentes dosis de antioxidante evaluadas en lechuga (*Lactuca sativa L.*)

En los tres tratamientos con ácido ascórbico el pardeamiento oxidativo en las lechugas luego de los 11 días de almacenamiento a 5° 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 calificación no sobrepasó la nota 3 de la escala utilizada, correspondiente a un daño moderado, ya que se observaron afectadas a un nivel aceptable las hojas externas.

### 5.3 Caracterización de los parámetros sensoriales evaluados en la calidad poscosecha de lechuga.

El determinante obtenido en el análisis de correlación de Pearson es de 9.2013E-10 un valor casi aproximado a cero (anexo 1); y la medida de adecuación maestra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de Bartlett muestran un valor de KMO de 0.543535 y una significancia de 9.2013E-10 (anexo 2). Trabajando con un coeficiente de correlación cofenética = 0.994 existiendo una correlación casi perfecta entre las variables en estudio; lo que indica que el análisis por componentes principales es excelente para explicar los datos obtenidos en la investigación (cuadro 4 y 5).

**Cuadro 4. Varianza explicada por los componentes principales 1 y 2.**

<b>Autovalores</b>			
<b>Lambda</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporción</b>	<b>Proporción acumulada</b>
1	6.37	0.8	0.8
2	1.13	0.14	0.94
3	0.51	0.06	1
4	0	0	1
5	0	0	1
6	0	0	1
7	0	0	1
8	0	0	1

**Cuadro 5. Variables que mejor contribuyen a la varianza de los componentes principales 1 y 2.**

<b>Autovectores</b>		
<b>Variables</b>	<b>e1</b>	<b>e2</b>
pH	0.32	-0.02
Grados Brix	-0.39	0.21
Acidez (%)	-0.07	0.93
Peso (g)	0.36	0.19
Apariencia del pedúnculo	0.39	-0.01
Oscurecimiento en el pedúnculo	0.4	0.01
Turgencia general	0.4	-0.04
Sabor extraño	0.38	0.24
<b>Correlación cofenética= 0.994</b>		

La figura 23 muestra la variabilidad existente en los atributos sensoriales según la calificación de los panelistas; donde el componente principal 1 contribuyó con el 79.6% de la varianza total explicada y el componente principal 2 con el 14.1%, representando una varianza acumulada del 93.7% (cuadro 4); las variables que se relacionaron para la formación del componente principal 1 fueron: turgencia, oscurecimiento en el tallo, apariencia del tallo, sabor extraño, peso, y pH; todas las variables anteriores influyeron en forma positiva; en el caso del componente principal 2, las variables que se relacionan en forma positiva para su formación son: acidez y Solidos solubles totales (cuadro 5).

El tratamiento 0 (sin aplicación de antioxidante), mostró significancia en las variables grados brix y acidez; el tratamiento 1 (aplicación de ácido ascórbico en dosis de 0.5%) mostro las mejores puntuaciones en las variables, sabor extraño, y acidez; finalmente, los tratamientos 2 (aplicación de ácido ascórbico en dosis de 1%) y 3 (aplicación de ácido ascórbico en dosis de 1.5%), fueron los de mejor calificación en las variables oscurecimiento del pedúnculo, turgencia general, y apariencia del pedúnculo (figura 23).

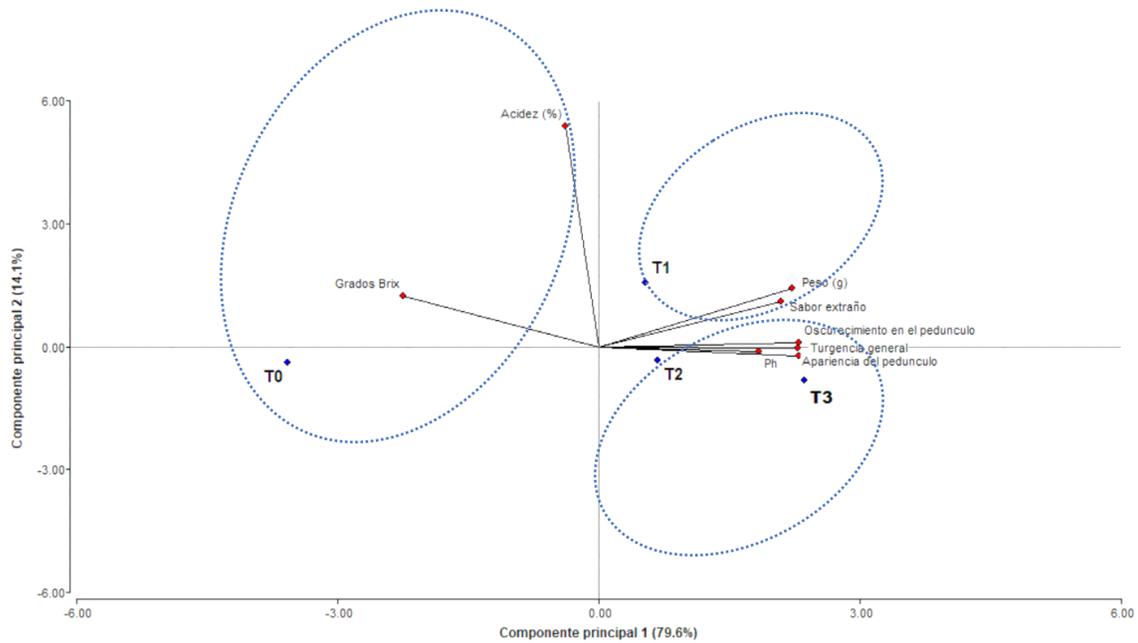


Figura 23. Biplot de los componentes principales para el efecto de las diferentes dosis de antioxidante en lechuga (*Lactuca sativa L.*) en las variables.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo al comportamiento de los atributos sensoriales, se puede concluir que los mejores tratamientos para la conservación de la lechuga de hoja variedad sementel fueron las dosis de ácido ascórbico de 1% y de 1.5%. En ambos tratamientos la lechuga conservó sus características sensoriales; apariencia del tallo, oscurecimiento del tallo, turgencia general y sabor aceptable, durante los 11 días de almacenamiento.

Los parámetros sensoriales apariencia del tallo, oscurecimiento del tallo y turgencia general presentaron diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento, y la turgencia general fue el atributo mejor evaluado; mientras que el sabor no tuvo ninguna diferencia con las lechugas no tratadas, siendo esto un efecto positivo para el consumidor. Por lo tanto, los cuatro atributos fueron representativos de la calidad sensorial para las lechugas.

La aplicación de las diferentes dosis de ácido ascórbico como antioxidante en lechugas no tuvieron efectos significativos en los parámetros fisicoquímicos de pH y acidez, todos los tratamientos presentaron valores similares durante el estudio. A diferencia de la variable de sólidos solubles totales la cual presentó respuestas significativas al aplicar las diferentes dosis de ácido ascórbico, los valores de SST disminuyeron en comparación con las lechugas sin antioxidante.

Se determinó que las lechugas tratadas con diferentes dosis de ácido ascórbico como antioxidante, y almacenadas a temperatura 5 °C, tienen una vida útil de 11 días, para el tratamiento 2 y 3. A diferencia de las muestras no tratadas, donde la aceptabilidad para el consumo según atributos sensoriales se reduce a los 5 días, debido a la presencia de pardeamiento enzimático.

## 7. RECOMENDACIONES

Generar un protocolo para determinar vida útil evaluando factores de porcentaje de pardeamiento, y aceptación por parte del consumidor, entre los días 7 y 11.

Aplicar metodologías efectivas para la medición del porcentaje de pérdida de peso en lechugas de hoja.

Se recomienda a productores de hortalizas frescas como la lechuga de hoja, el uso de ácido ascórbico como antioxidante para alargar la vida de anaquel de hortalizas.

Por su nivel de aceptación en cuanto a apariencia del tallo, oscurecimiento del tallo, turgencia general y sabor, se recomienda utilizar dosis de ácido ascórbico como antioxidante de 1% y 1.5% para alargar la vida útil después de realizar la cosechar.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- 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. 272p.
- Analuisa Jiménez, MÁ. 2020. Evaluación de técnicas de preservación de hortalizas de IV gama: lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate cherry (*Solanumlycopersicum*) y zanahoria (*Daucus carota*) (en línea). Ambato, Ecuador. Consultado 24 nov. 2021. Disponible en <file:///C:/Users/50374/Downloads/AL%20729.pdf>
- Esparza-Rivera, JR; Bravo, AN; Kendall, P; Fortis Hernández, M; Preciado Rangel, P; Meza Velázquez, JA.2013. Aceptabilidad de lechuga de hoja fresca troceada, tratada con ácido ascórbico mediante hidrogenfriamiento (en línea). Texcoco, México. Consultado 23 nov. 2021. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342013000500009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000500009)
- Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). 2015. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial cámara de comercio de Bogotá. Bogotá, Colombia. 54p
- Carrasco Silva, G y Sandoval Briones, C. 2016. Manual práctico del cultivo de Lechuga. Madrid, España. Consultado 22 sep. 2022. Disponible en <http://flores-hortalizasfrutas.blogspot.com/2016/06/el-cultivo-de-lechuga.html>
- Cantwell, M y Suslow, T. 2006. Crisphead or Iceberg. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Davis, USA: Postharvest Technology Research & Information Center. California, Estados Unidos.3p.
- Cerdas, MM. y Montero, ME. 2004. Guías Técnicas Del Manejo Poscosecha de Apio y Lechuga para El Mercado Fresco (En línea). San José, Costa Rica. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/manual\\_apio\\_lechuga\\_III.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_apio_lechuga_III.pdf)

Decco Iberica Post Cosecha. 2014. PROPIEDADES Y CONDICIONES RECOMENDADAS PARA ALMACENAMIENTO DE FRUTAS FRESCAS Y VEGETALES (en línea). Consultado 20 sep. 2022. Disponible en [https://www.deccopostharvest.com/website/wp-content/uploads/2014/05/Tabla\\_almacenamiento-frutas-y-hortalizas.pdf](https://www.deccopostharvest.com/website/wp-content/uploads/2014/05/Tabla_almacenamiento-frutas-y-hortalizas.pdf)

Fundación EROSKI, España. 2007. Hortalizas y Verduras: Lechuga” (en línea). Consultado 21 mar. 2022. Vasco, España. Disponible en <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/lechuga/intro.php>.

Hidalgo Llumiquinga, EF. 2021. Evaluación de pérdidas físicas en poscosecha de cinco productos hortofrutícolas de la “Feria Plataforma Sur” Pichincha, Quito. Quito, Ecuador. 77 p.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2017. Poscosecha y Buenas Prácticas de Producción orientadas a la Agricultura Familiar (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 14 sep. 2022. Disponible en <https://elearning.iica.int/mod/page/view.php?id=8309>

INFOAGRO (2007). “El cultivo de la lechuga” (en línea). Consultado 10 may. 2022. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

Japón, J. 2016. Libros de Flores, Hortalizas y Frutas. Obtenido de El Cultivo de Lechuga Hojas Divulgadoras. Consultado 27 de mar. 2022. Disponible en URL: <http://flores-hortalizasfrutas.blogspot.com/2016/06/el-cultivo-de-lechuga.htm>

Krarup, C; Fernández, S; Nakashima, K. 2008. Manual electrónico de poscosecha de hortalizas (en línea). Santiago, Chile. Consultado 21 may. 2022. Disponible en [http://www.puc.cl/sw\\_educ/poscosecha/index.html](http://www.puc.cl/sw_educ/poscosecha/index.html)

Lokke, M. 2012. Postharvest quality changes of leafy green vegetables (en línea). Aarhus, Dinamarca. Consultado 3 oct. 2022. Disponible 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)

Nogales-Delgado; A. M. Fernández-León, J; Delgado-Adámez, JA; González, T; Hernández-Méndez, D; Bohoyo-GilE2010. Efecto de ácido ascórbico y diferentes atmósferas modificadas (activa y pasiva) sobre lechuga tipo Batavia mínimamente procesada. Consultado 29 nov. 2021. Disponible en [http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2058.%20XII%20Jornadas%20del%20Grupo%20de%20Horticultura/Cap%C3%ADtulo%204.%20Calidad%20y%20post%20cosecha/Efecto%20de%20%C3%A1cido%20asc%C3%B3rbico%20y%20diferentes%20atm%C3%B3sferas%20modificadas%20\(activa%20y%20pasiva\)%20sobre%20lechuga%20tipo%20Batavia%20m%C3%ADnimamente%20procesada.pdf](http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2058.%20XII%20Jornadas%20del%20Grupo%20de%20Horticultura/Cap%C3%ADtulo%204.%20Calidad%20y%20post%20cosecha/Efecto%20de%20%C3%A1cido%20asc%C3%B3rbico%20y%20diferentes%20atm%C3%B3sferas%20modificadas%20(activa%20y%20pasiva)%20sobre%20lechuga%20tipo%20Batavia%20m%C3%ADnimamente%20procesada.pdf)

Montesdeoca Pacheco, N. 2008. Caracterización física, química y funcional de la Lechuga rizada, para la creación de una norma técnica ecuatoriana, por parte del instituto ecuatoriano de normalización (en línea). Quito, Ecuador. Consultado 20 abr. 2022. Disponible en <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/5182?locale-attribute=en>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2009. Alimentos para las ciudades: Alimentos frescos (en línea). Consultado 8 mar. 2022. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/ak003s/ak003s08.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1987. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas (en línea). Santiago, Chile. Consultado 11 abr. 2022. Disponible en [Home":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/">](http://www24.brinkster.com/alexweir/)

Ortolá Ortolá, MD. 2020. DETERMINACIÓN DE LA TASA RESPIRATORIA DE FRUTAS (en línea). Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/145648/Ortol%C3%A1%20-%20DETERMINACI%C3%93N%20DE%20LA%20TASA%20RESPIRATORIA%20DE%20FRUTAS.pdf?sequence=1>

- Portillo Morales, EF. 2014. Validación de proceso poscosecha para producto mínimamente procesado a base de lechuga (*Lactuca sativa*) (en línea). Zamorano, Honduras. Consultado 2 dic. 2021. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3373/1/AGI-2014-T037.pdf>
- Restrepo, Luis; Posada, Sandra; Noguera Ricardo. 2012. Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 16 julio. 2022. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902012000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000200011)
- Roc, L. 2014. Evaluación y determinación de vida de anaquel (en línea). Consultado 27 mar. 2022. Disponible en <https://www.synergy-biotech.com/evaluacion-y-determinacion-de-vida-de-anaquel.php>
- Rodríguez, DA; Ortega-Toro, R; Piñeros-Castro, Y. 2018. Propiedades Fisicoquímicas, Funcionales y Microbiológicas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) adicionada con Ácidos Orgánicos (en línea). Bogotá, Colombia. 68 p.
- Saavedra, G; Corradini, F; Antúnez, A; Felmer, S; Estay P; Sepúlveda, P. 2017. Manual de producción de lechuga (en línea). Santiago, Chile. Consultado 26 sep. 2022. Disponible en <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Saltveit, ME. 2003. January. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere?. *Postharvest Biology and Technology*. 27p.
- Toledo Toledo, GL. 2009. Efecto de antiparadeantes sobre cuatro tipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sometidas a mínimo proceso (en línea). Santiago, Chile. Consultado 25 nov. 2021. Disponible en [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111136/toledo\\_g.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111136/toledo_g.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Thompson, J.F. 2002. Psychrometrics and perishable commodities. California, USA. 129p.

Wills, R; McGlasson, B; Gram, D; Joyce, D. 1998. "Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales". 2 ed. Acribia.. Zaragoza (España).

Unites States Department of Agriculture (USDA).2010. *Lactuca sativa* L. gardenlettuce (en línea). Consultado 28 mar. 2018. Disponible en URL <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LASA3>

Vega, C. 2011. Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) como producto de IV gama (en línea). Consultado 06 dic. 2021. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fav422e/doc/fav422e.pdf>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1: Determinante del análisis de correlación de Pearson (r)

#### Matriz de covarianzas<sup>a</sup>

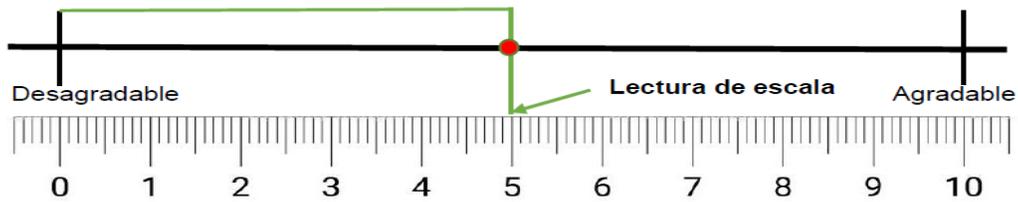
a. Determinante = 0.000

### Anexo 2: Medida de adecuación maestra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y prueba de Bartlett.

#### Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo	0.544
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi- 98.396
	cuadrado
	gl 28
	Sig. 0.000

### Anexo 3: Escala de medición para análisis sensorial



## Anexo 4: ficha de evaluación sensorial



FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**Tema de investigación:** Evaluación de diferentes dosis de antioxidante en lechuga (*lactuca sativa L.*) y su efecto en la calidad postcosecha.

Muestra N° \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones: por favor indique con una línea vertical, la intensidad de su sensación para cada una de las muestras.

Aspecto visual

• **Apariencia del tallo**

Desagradable

Agradable

A| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

B| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

C| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

D| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

• **Oscurecimiento en el tallo**

Oscurecimiento

Sin oscurecimiento

A| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

B| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

C| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

D| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

• **Turgencia general**

poco turgente

Turgente

A| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

B| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

C| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

D| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

• **Sabor extraño**

Con sabor extraño

Sin sabor extraño

A| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

B| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

C| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

D| \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ 10

**Anexo 5: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable medición de pH.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	CV (%)	Intervalo de confianza al 99%	P-valor
pH	Tratamiento 0	5.6575	0.03403	0.60	5.5581± 5.7569	0.6812 <sup>ns</sup>
	Tratamiento 1 (0.5%)	5.7000	0.18221	3.19	5.1679± 6.2321	
	Tratamiento 2 (1%)	5.6675	0.02872	0.50	5.5836± 5.7514	
	Tratamiento 3 (1.5%)	5.7350	0.06028	1.05	5.5590± 5.9110	

**Anexo 6: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable sólidos solubles totales.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	CV (%)	Intervalo de confianza al 99%	p-valor
Sólidos solubles totales	Tratamiento 0	2.3250	0.05568	2.39	2.1624 ± 2.4876	0.0008**
	Tratamiento 1 (0.5%)	2.1325	0.17933	8.40	1,6088± 2.6562	
	Tratamiento 2 (1%)	2.0525	0.03500	1.70	1.9503± 2.1547	
	Tratamiento 3 (1.5%)	1.9350	0.06028	3.11	1.7590± 2.1110	

**Anexo 7: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable de % de acidez.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	CV (%)	Intervalo de confianza al 99%	p-valor
<b>Acidez</b>	Tratamiento 0	0.01440	0.002043673	14.19	0.00843155±	0,02036
		000				845
	Tratamiento 1	0.01653	0.005042516	30.49	0.00180856±	0.02036
	(0.5%)	500				845
	Tratamiento 2	0.01386	0.001229756	8.86	0.01027355±	0.01745
	(1%)	500				645
	Tratamiento 3	0.01333	0.001065000	7.98	0.01022222±	0.01644
	(1.5%)	250				278

**Anexo 8: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable apariencia del tallo.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	CV (%)	Intervalo de confianza al 99%	P-valor
<b>Apariencia del tallo</b>	Tratamiento 0	3.0025	1.22565	40.82	0.5770±	6.5820
	Tratamiento 1	6.3600	1.06790	16.79	3.2413±	9.4787
	(0.5%)					
	Tratamiento 2	6.8425	0.79529	11.62	4.5199±	9.1651
	(1%)					0.0002
	Tratamiento 3	7.7950	1.10868	14.22	4.5572±	11.0328
	(1.5%)					

**Anexo 9: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable oscurecimiento del tallo.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	CV (%)	Intervalo de confianza al 99%	p-valor
<b>Oscurecimiento del tallo</b>	Tratamiento 0	2.8350	2.01053	70.91	3.0367± 8.7067	0.0067
	Tratamiento 1 (0.5%)	5.6225	0.81989	14.58	3.2280± 8.0170	
	Tratamiento 2 (1%)	5.7750	0.82043	14.20	3.3790± 8.1710	
	Tratamiento 3 (1.5%)	6.7525	1.18907	17.60	3.2799± 10.2251	

**Anexo 10: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable turgencia general.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	CV (%)	Intervalo de confianza al 99%	p-valor
<b>Turgencia general</b>	Tratamiento 0	4.3775	1.85622	42.40	1.0435± 9.7985	0.0079
	Tratamiento 1 (0.5%)	6.8350	0.87157	12.75	4.2896± 9.3804	
	Tratamiento 2 (1%)	6.9425	1.41156	20.33	2.8201± 11.0649	
	Tratamiento 3 (1.5%)	8.1675	0.36262	4.43	7.1085± 9.2265	

**Anexo 11: Medidas de tendencia central y dispersión de la variable sabor extraño.**

Variables	Dosis de antioxidante	Media	Desviación estándar	Figura 24. C V (%)	Intervalo de confianza al 99%	p-valor
-----------	-----------------------	-------	---------------------	--------------------	-------------------------------	---------

	Tratamiento				0.2067±	7.5933	
	0	3.9000	1.26462	32.42			
<b>Sabor extraño</b>	Tratamiento				3.8176±	8.7824	
	1 (0.5%)	6.3000	0.85002	13.49			0.0194
	Tratamiento				3.6172±	8.1328	
	2 (1%)	5.8750	0.77311	13.15			
	Tratamiento				2.7236±	10.1114	
	3 (1.5%)	6.4175	1.26484	19.70			