

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Cloruro De Calcio, Ozono y Temperaturas De Almacenamiento En El Manejo
Poscosecha De Guayaba (*Psidium guaba* L.)

Por:

RAMIRO GABRIEL DOMÍNGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Cloruro De Calcio, Ozono y Temperaturas De Almacenamiento En El Manejo
Poscosecha De Guayaba (*Psidium guaba* L.)

Por:

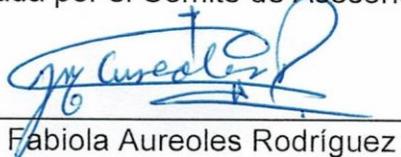
RAMIRO GABRIEL DOMÍNGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

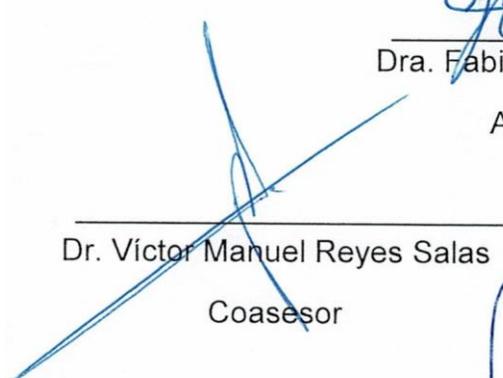
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal



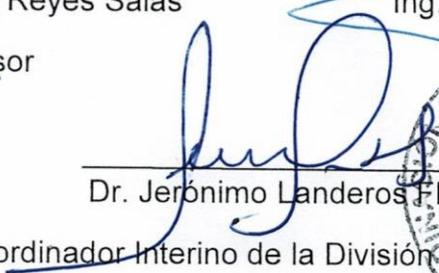
Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Coasesor



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copia y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Ramiro Gabriel Domínguez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la dicha de contar con salud para poder concluir esta etapa universitaria, etapa de estudios y aprendizajes, por haberme dado a una familia, que siempre me ha motivado e impulsado para seguir cultivándome. Agradezco a la vida y Dios por tantos momentos de experiencias inolvidables, que han marcado mi paso por esta distinguida universidad para toda la eternidad. Al pueblo de Saltillo, por albergarme en este tiempo que me he desempeñado en su estado, y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo de manera directa o indirecta. A mis compañeros universitarios, por todos aquellos momentos inolvidables que compartimos durante la vida universitaria, así como a los docentes que se empeñaron en motivarnos de diferentes maneras, para seguir aprendiendo con ellos sobre el agro, agradezco a los precursores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. A mi comunidad de origen, por no delegarme responsabilidad que conlleve mi participación en las responsabilidades de la localidad durante mi etapa de estudiante.

Agradezco en especial a mi mamá Verónica Domínguez Yescas y mi papá Víctor Gabriel Reyes, por ser insistentes conmigo para lograr mi desarrollo profesional, ya que con su esfuerzo y su dedicación logramos llegar a esta meta. Así también, a mi hermano Habacuc Gabriel Domínguez por sus palabras de motivación.

A mi asesora Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez quien deposito su confianza en mí para desarrollar este trabajo.

A la UAAAN facilitarme sus instalaciones para el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIAS

A Dios, por darme salud y la dicha de tener acceso a la universidad.

A mi abuela Celedonia Reyes, de quien estoy seguro, que estuviera muy orgullosa y feliz por este logro.

A mi mamá, Verónica Domínguez Yescas, ya que gracias a su esfuerzo, entrega y dedicación juntos pudimos lograr este sueño.

Así también, a mi papá Víctor Gabriel Reyes, que día con día estuvo al pendiente con sus consejos y palabras.

A mi hermano y su familia quiénes me motivaron para llegar alcanzar esta meta.

A mis familiares; abuelos, tíos, y primos, etc. que han estado presentes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	4
1.3 HIPÓTESIS.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Origen del cultivo	5
2.2 Importancia económica de la guayaba	5
2.3 Producción Nacional (superficie establecida y volumen de producción).....	5
2.4 Índice de cosecha	5
2.5 Manejo poscosecha de la guayaba.....	6
2.6 Respiración	6
2.7 Producción de etileno	6
2.8 Cambios físicos.....	7
2.9 Transpiración	7
2.10 Cloruro de Calcio	7
2.11 Cloruro de calcio en frutas y hortalizas	8
2.12 Ozono	9
2.13 Funciones del ozono.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Ubicación del Experimento	12
3.2 Material Vegetal Utilizado	12
3.3 Formación de tratamientos	12

3.4 Procedimiento experimental	13
3.5 Variables evaluadas.....	15
3.6 Diseño experimental	17
3.7 Análisis estadístico	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Pérdida de peso o diferencia de peso (Δ peso)	19
4.2 Perdida de firmeza o diferencia de firmeza (Δ firmeza)	21
4.3 Diferencia en el contenido de Sólidos Solubles Totales (Δ SST).....	24
4.4 Acidez	26
4.5 Diferencia de color (ΔE).....	27
4.6 Vida de anaquel	29
V. CONCLUSIONES	32
VI. BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de guayaba en los tres principales estados productores en México en el año 2019. Fuente: (Procuraduría Federal del Consumidor, 2020).	2
Figura 2. Procedimiento experimental.....	14
Figura 3. Pérdida de peso (Δ peso) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.....	20
Figura 4. Pérdida de peso (Δ peso) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.....	21
Figura 5. Pérdida de firmeza (Δ firmeza) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.....	22
Figura 6. Pérdida de firmeza (Δ firmeza) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.....	23
Figura 7. Diferencia en el contenido de sólidos solubles totales (Δ SST) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.	25
Figura 8. Diferencia en el contenido de sólidos solubles totales (Δ SST) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.....	26
Figura 9. Diferencia de color (Δ E) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.....	28
Figura 10. Diferencia de color (Δ E) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.....	29
Figura 11. Vida de anaquel en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.	30
Figura 12. Vida de anaquel en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Formación de tratamientos con cloruro de calcio (CaCl ₂), ozono y temperatura de almacenamiento (T°) en el manejo poscosecha de guayaba.	12
Cuadro 2. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso en frutos de guayaba.	19
Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable pérdida de firmeza en frutos de guayaba.	22
Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable diferencia en el contenido de sólidos solubles totales en frutos de guayaba.	25
Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable diferencia de color en frutos de guayaba.	27
Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable vida de anaquel en frutos de guayaba.	30

RESUMEN

México se encuentra dentro de los cinco principales productores de guayaba (*Psidium Guava* L.) a nivel mundial y este fruto presenta alta demanda en el mercado, pero es un producto muy perecedero por lo que es conveniente buscar alternativas para su cuidado durante la poscosecha y así garantizar una mejor calidad del fruto para el consumidor. Por ello, este experimento se realizó con el objetivo de reducir el deterioro en frutos de guayaba durante su manejo poscosecha en dos temperaturas de almacenamiento (T°) mediante la aplicación de cloruro de calcio (CaCl_2) y ozono. El experimento se realizó en el laboratorio poscosecha del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y para ello frutos de guayaba fueron tratados con 8 combinaciones elaboradas con dos concentraciones de CaCl_2 (1% y 2%) + sin o con aplicaciones de 10 min de ozono + dos T° s de almacenamiento (ambiente y 5°C). Las variables evaluadas fueron: pérdida de peso (Δ peso), pérdida de firmeza (Δ firmeza), diferencia en el contenido de sólidos solubles totales (Δ SST), acidez, diferencia de color (ΔE) y vida de anaquel. El diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ donde el primer factor fue la concentración de CaCl_2 , el segundo factor la aplicación de ozono y en tercer factor la $^{\circ}\text{T}$ de almacenamiento. Se obtuvo diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en la interacción $\text{CaCl}_2 + \text{ozono} + T^{\circ}$ para todas las variables a excepción de la acidez del fruto. Numéricamente la concentración de 2% de CaCl_2 + 10 min de ozono en condiciones de refrigeración a 5°C fue el tratamiento que proporcionó las mejores respuestas en las variables de calidad y vida de anaquel.

Palabras clave: Frutales, fruto, conservación, madurez, deterioro, calidad.

I. INTRODUCCIÓN

El agro es el pilar fundamental para la vida de la humanidad, ya que, en él recae una gran responsabilidad y compromiso que corresponde a la seguridad alimentaria a nivel global. No hay región del planeta que sobreviva sin la producción de alimentos provenientes del campo, por ello, se necesitan encontrar métodos que permitan garantizar la durabilidad y alargar la vida de anaquel de la producción y cosecha que se obtienen del campo. Para ello la constancia en la investigación y la recolección de información que coadyuven a mejoras en las técnicas de conservación en la poscosecha son indispensables.

De acuerdo a la (FAO, 2020) la demanda de guayaba al igual que el mango y el mangostán que son frutas tropicales, será de 72.8 Mil Toneladas para el 2029 lo que representa un aumento del 2.9% de consumo anual de estos, esto implica un reto más para el cuidado en la poscosecha de estas frutas. Por lo que es muy necesario buscar métodos innovadores para el cuidado en el manejo poscosecha de nuestras frutas, ya que, de no ser así, tendríamos mucha pérdida de producto lo que representaría finalmente en pérdidas económicamente significativas, lo cual no deseamos.

De acuerdo a la SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017). La producción de guayaba aumentó un 8.2% a nivel global, lo que provocó que nuestro país se coloque en el 5° lugar en producción de guayaba a nivel mundial. También se menciona que México es el principal exportador de Guayaba en los EUA.

A nivel nacional en el año 2019 los principales estados productores de guayaba fueron; Zacatecas que aportó el 13.5 % de producción a nivel nacional, así también se ubica al estado de Aguascalientes con el 21.8% de producción nacional, siendo así, el estado de Michoacán quien aportó el 58.2 % lo que representa para este estado, ser el mayor productor de Guayaba en todo México (Figura 1).

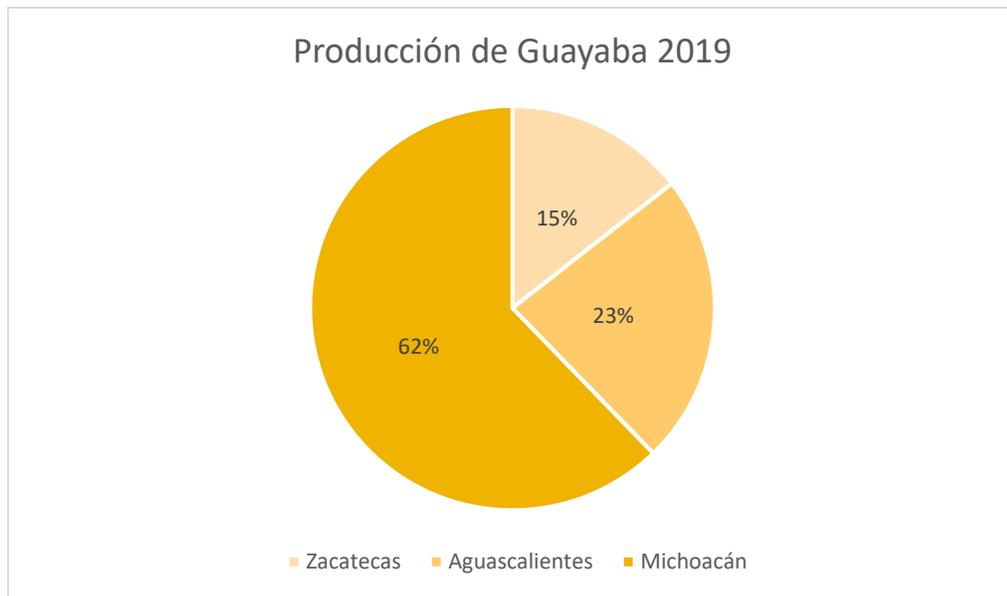


Figura 1. Producción de guayaba en los tres principales estados productores en México en el año 2019. Fuente: (Procuraduría Federal del Consumidor, 2020).

Datos recabados del (SIAP, 2021) indican que la producción de guayaba en México para el 2021 fue de 285,346.20 Ton. Lo que en valores monetarios representa 1,655,991.72 (Valores de producción en miles de pesos).

Por lo que se deben tomar muy en serio los procesos poscosecha, ya que son métodos de conservación, para garantizar manejos adecuados de la cosecha, con el propósito de garantizar calidad del producto hasta su comercialización, así mismo, asegurar su vida de anaquel; ya que debido a la alta tasa de respiración de la guayaba, resulta ser un fruto muy perecedero. Se debe considerar el momento adecuado de la cosecha del fruto, es decir, de acuerdo al mercado que va dirigido el producto, se establece la fecha de cosecha, tanto para el mercado local, nacional, o exportación, tomando en cuenta lo anterior, se evalúa su extracción en un punto de madurez fisiológico o madurez comercial.

En el mercado existen diversidad de tecnologías poscosecha que se han implementado con el fin de conservar productos hortifrutícolas, puntualmente mencionamos los cuartos fríos; nos facilitan almacenar los frutos a temperaturas

controladas, específicas, al igual el almacenamiento en atmosferas controladas: que son técnicas de conservación de los productos en un ambiente bajo de O₂ aumentando contenido de O₃ evitando la alta respiración de los frutos así como las atmosferas modificadas; las cuales nos permiten la eliminación por completo del oxígeno dentro del empaque almacenado y se reemplaza por un gas que inhibe la producción de etileno.

Debido a que la guayaba es una fruta muy perecedera, y sensible, es necesario buscar métodos que nos ayuden a garantizar su calidad y una vida de anaquel más atractivo para el mercado, así mismo buscar nuevas alternativas que permitan tener y garantizar productos de calidad y sobre todo disminuir la pérdida de producto que recae en pérdidas económicas.

Actualmente sabemos que el ozono se ha empezado a emplear o implementar en varias áreas de la vida cotidiana de manera que se pueda sanitizar ciertos espacios o áreas para un fin específico, esto no había sido tan sencillo como ahora, no fue sino hasta el 2001 donde la FDA dio un fallo definitivo para que el ozono, tal cual lo conocemos en la actualidad, sea considerado legalmente dentro de las GRAS, y de esta manera pudiera utilizarse como un aditivo para alimentos. (Parzanece, 2022).

El cloruro de calcio por su parte se ha evaluado para su utilización en la conservación del fruto de la guayaba con el fin de alargar su vida útil, esta importancia de encontrar nuevas formas de conservar frutas cada vez es más constante, ya que como se ha mencionado anteriormente, se busca disminuir perdidas de la producción, sin dejar a un lado la calidad que se debe asegurar al consumidor final (Aguilar *et al.*, 2019).

Por lo anterior este trabajo de investigación presenta el siguiente objetivo:

1.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir el deterioro en frutos de guayaba durante su manejo poscosecha en dos temperaturas de almacenamiento mediante la aplicación de cloruro de calcio y ozono.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar el efecto del cloruro de calcio en la calidad y vida de anaquel en frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración.

Determinar el efecto de las aplicaciones de ozono en la calidad y vida de anaquel en frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración.

Determinar el efecto combinado del cloruro de calcio y ozono en la calidad y vida de anaquel en frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración.

1.3 HIPÓTESIS

Las aplicaciones de cloruro de calcio y ozono reducirán el deterioro de los frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cultivo

De acuerdo a un artículo publicado en el portal de internet del programa Agrotendencia, la guayaba es una fruta nativa de América, así también se menciona que Brasil y Perú son su centro de origen. Y que la guayaba tal cual la conocemos hoy día fue domesticada hace aproximadamente 2000 años por los indígenas, y se ha observado en la actualidad que este cultivo se ha extendido por diferentes partes del mundo (Agrotendencia, 2022).

2.2 Importancia económica de la guayaba

El cultivo de la Guayaba en México tuvo sus inicios en el estado de Aguascalientes municipio de Calvillo, hasta la fecha en nuestro país aproximadamente 20 estados se dedican a la producción de esta fruta. También la guayaba es muy rica en vitamina C incluso más que la naranja. Se ha utilizado de igual manera para tratar estreñimiento y diarrea.

Así también, de acuerdo a datos recabados en el SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados), podemos observar precios en supermercados que van desde los \$10.00 hasta los \$35.00 por kilogramo de guayaba a nivel nacional.

2.3 Producción Nacional (superficie establecida y volumen de producción)

(SIAP, 2021) De acuerdo a datos obtenidos, sobre la superficie total establecida a nivel nacional en el 2021 fue de 20525.25 Ha de superficie establecida lo cual representó una producción de 285, 346.20 Toneladas.

2.4 Índice de cosecha

La guayaba para poder cosecharse debe de estar en un punto de madurez fisiológico, y esto es posible cuando los sólidos solubles totales no son menores al 12%, así

también, cuando la acidez titulable que éste presente, sea igual o mayor al 10 %. (Diario Oficial de la Federación , 2002).

2.5 Manejo poscosecha de la guayaba

Algunas observaciones que se deben procurar para monitorear y sobre todo, mantener buenos índices de poscosecha son: proporcionar temperaturas optimas de almacenamiento, mantener una HR óptima, controlar el efecto del etileno ya que recae sobre una maduración uniforme; las ventajas de las atmósferas controladas nos permiten retrasar la maduración de la guayaba si lo hacemos de una manera correcta. Evitar daño por fisiopatías tales como los daños por fríos, pardeamiento externo, escaldado por el sol, o bien; evitar alguna enfermedad por un mal control en la cosecha y en campo de cultivo (PROMOSTA, 2005). Por eso es muy importante resaltar que debemos mantener un manejo eficiente para de esta manera evitar lo más posible alguna infección. Evitar también los daños físicos que pudieran presentarse en la cosecha, o recolección del fruto, haciendo hincapié sobre el control de la temperatura para mantener un promedio de 10°C inmediatamente después que se coseche el fruto.

2.6 Respiración

De acuerdo a (Kader, 2022) uno de los factores de los cuales se debe mantener un cuidado riguroso y específico es la respiración de los frutos, ya que, de no poder controlar la respiración, hay un reflejo inmediato relacionados con pérdidas significativas sobre el valor alimenticio, algunos síntomas empiezan a notarse con los cambios de sabor, en especial el dulzor ya que disminuye y se visualizan perdidas de peso seco.

2.7 Producción de etileno

De acuerdo a información publicada en un portal de la universidad de Davis California, la presencia de etileno a una proporción de 100 ppm durante 1 a 2 días puede acelerar

la maduración de la guayaba, que va de un estado pintón amarillo-verde al completamente amarillo siempre y cuando haya temperaturas optimas de entre 15°C y 20°C.

2.8 Cambios físicos

Los cambios físicos que se pueden percibir de manera directa son el color y la firmeza del fruto (Coronado, 2014), estos van relacionados de manera directa al manejo y cuidado que se les da en la cosecha, el almacenamiento; transporte, así como el control de la temperatura, entre otros.

2.9 Transpiración

Todas las frutas y verduras están compuestas por un 80% de agua lo que implica que durante su crecimiento prevalece un suministro de agua abundante, y al momento de ser cosechado este suministro se elimina, lo que implica que en la poscosecha dependerán de estas reservas, con forme transcurren los días habrá un aumento en la pérdida de agua por efecto de la transpiración, así también, se verá reflejado en el peso del fruto, la firmeza, por consiguiente la apariencia cambia por lo que la velocidad con se aumente la transpiración es determinante para la vida de anaquel o vida de poscosecha de nuestro fruto (FAO, 1987).

2.10 Cloruro de Calcio

El cloruro cálcico o cloruro de calcio es un compuesto químico mineral utilizado como medicamento en enfermedades o afecciones ligadas al exceso o deficiencia de calcio en el organismo (Quimica Es, 2023).

Su fórmula molecular es CaCl_2 , su estado de agregación es sólido, presenta una apariencia sólida blanca o incolora, masa molecular $110.98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, punto de fusión 772°C , punto de ebullición 1935°C densidad de $2.15\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, es soluble en agua, ácido acético, y acetona (Quimica Es, 2023).

2.11 Cloruro de calcio en frutas y hortalizas

De acuerdo a Pérez & Quintero (2015) se han observado datos positivos con la aplicación de calcio por inmersión en hortalizas y frutas durante el manejo poscosecha, ya que están estrechamente relacionados con la conservación de la firmeza del fruto, reducción de incidencia de enfermedades y prevención de trastornos de carácter fisiológicos lo cual es relevante en la comercialización.

En una investigación realizada por Galvis *et al.* (2003) en el cultivo de mango se observó que con la aplicación de 10% de cloruro de calcio a temperatura ambiente se alargó la vida útil del fruto con respecto a otros tratamientos, así como del testigo. Inclusive, permitió también su maduración después del periodo de almacenamiento.

También Aguilar *et al.* (2019) realizó un estudio sobre los beneficios de la aplicación de cloruro de calcio en la conservación poscosecha de guayaba y encontró que la aplicación de este, en diferentes concentraciones, pero a temperatura controlada, específicamente a 5° C mostró que en el color del fruto no hubo cambios drásticos, se mantuvo la firmeza y la vida útil del fruto en general.

En el cultivo de fresa la cual es considerada no climatérica y tiene una alta tasa de respiración lo que reduce significativa en su vida útil de poscosecha, Núñez *et al.* (2012) realizaron la aplicación de 1% de cloruro de calcio, una capa plástica y en atmosferas controladas arrojaron como respuesta positiva en la conservación de propiedades organolépticas como °Brix, pH, vitamina C, acidez titulable, así también se obtuvo, una mayor firmeza de piel y contenido de azúcares reductores en comparación con el tratamiento testigo.

En otro estudio realizado en el cultivo de guayaba Glady *et al.* (2005) realizaron aplicaciones de 2% de cloruro de calcio, sumergieron el fruto en agua caliente a una temperatura de 45° y almacenaron el fruto a 10° y 20° se obtuvo que el tratamiento fue benéfico en la poscosecha del fruto y de determinó que es sumamente importante controlar la temperatura de almacenamiento, ya que de esta manera se alarga el tiempo de vida útil del fruto para conservar sus propiedades organolépticas.

2.12 Ozono

“El ozono (O_3), es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O_2), formando moléculas de Ozono (O_3)” (Química Es, 2023).

La apariencia del ozono es un gas azul pálido, su fórmula molecular es O_3 , tiene una masa molecular de 47,998 g/mol, es soluble en agua, su punto de fusión es de -197.2°C, el punto de ebullición es -111.9 °C (Química Es, 2023).

2.13 Funciones del ozono

El ozono como tal, se puede generar artificialmente con un equipo especializado para este fin, como es el caso de un ozonizador. Así también el ozono funge como desinfectante, ya que es fundamentalmente un oxidante relevante, aunque se le conoce más por su presencia en la atmósfera.

Hakan y Sedat (2007) mencionan que la utilización del ozono como oxidante es muy eficaz tanto para hortalizas, así como frutas, esto se señala a raíz de haber obtenido datos favorables en la investigación para obtener soluciones en las problemáticas que aquejan la industria alimentaria. Por lo cual, se debe tomar en cuenta la aplicación correcta del ozono para cada producto específico, es decir, determinar su aplicación adecuada en cada caso donde se utilice, ya que, debemos obtener presente que una mala implementación de este, implicaría daños o efectos nocivos para nuestros productos, que en ocasiones puede llegar a reflejarse directamente en la pérdida de la calidad sensorial.

Brodowska, Nowak y Śmigielski (2018) mencionan que el análisis y la evaluación del buen funcionamiento en la aplicación del ozono para el cuidado poscosecha de frutas, verduras, así como el cuidado de carnes y productos que tienden a descomponerse, son también muy relevantes ya que, se debe tener información que nos permita tener un fundamento de casos donde se ha implementado el ozono para su aplicación en la industria alimentaria. Es por ello que se rectifica la funcionalidad de la aplicación de

este ya que resulta relevante para la descontaminación de espacios, así como el impedimento en la propagación y presencia de microorganismos.

Ricaurte (2006) menciona que el ozono es más efectivo que el cloro para matar bacterias en el medio que se emplee, puntualmente menciona que el ozono tiene 3 acciones fundamentales directas, tales como lo son acción microbicida, acción desodorante y finalmente una acción oxigenante. Menciona también que es por ello que el ozono se puede implementar tanto en la agricultura, en la ganadería, etc., se puede implementar para la conservación de carnes, desodorización de ambientes contaminados, al igual que con el ozono podemos generar atmosferas ozonizadas para obtener mejores frutos conservados y de esta manera obtener mejor calidad y conservación poscosecha de frutos y hortalizas.

De acuerdo a la revista CENIC (Venta & Broche, 2010) la correcta aplicación del ozono puede ser un tratamiento alternativo sustentable en la poscosecha tanto en frutas como en hortalizas, lo cual representa también, que debe haber un análisis de las condiciones de tratamiento que presenta cada producto con el fin de que la aplicación sea más eficiente.

Bataller *et al.* (2010) concluyeron que cuando se realiza una correcta aplicación del ozono es sin duda alguna, una buena opción sustentable para el tratamiento en poscosecha tanto de frutas como de hortalizas. Sin embargo, mencionan que para cada cultivo es distinto así que no debemos dejar pasar por desapercibido, un análisis antes de la aplicación de este, con la única finalidad de obtener una respuesta y datos favorables para cada cultivo específico.

El ozono es un gas muy flexible que se puede implementar en diferentes sustancias o productos, con el fin de sanitizar los espacios donde este se aplique, tal es el caso del agua que se puede ozonificar; para el presente experimento se empleó el agua ozonificada con el propósito en determinar su eficiencia, para la higienización de frutas y hortalizas. Los resultados detallan que aquellos tratamientos donde se identificó una mayor concentración de ozono, así como mayor tiempo de contacto, se redujo significativamente la presencia de agentes patógenos que representan una amenaza

para nuestras frutas y hortalizas. Consiguiendo así la viabilidad en su uso para la conservación en la poscosecha (Castro & Quispe, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila. En el laboratorio de poscosecha del Departamento de Horticultura el cual presenta las coordenadas geográficas 25°23'36"N y 101°00'02"O.

3.2 Material Vegetal Utilizado

Para la evaluación del trabajo se utilizaron frutos de guayaba (*Psidium guaba* L.) obtenidos del municipio de Calvillo, Aguascalientes de variedad desconocida.

3.3 Formación de tratamientos

Los tratamientos probados en este experimento se formaron considerando dos concentraciones de cloruro de calcio (CaCl_2) (1% y 2%), sin aplicaciones de ozono o con aplicaciones de 10 min de ozono y dos temperaturas de almacenamiento (T°) (ambiente y 5°C) quedando conformados ocho tratamientos como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Formación de tratamientos con cloruro de calcio (CaCl_2), ozono y temperatura de almacenamiento (T°) en el manejo poscosecha de guayaba.

Tratamiento	CaCl_2 (%)	Ozono (min)	T°
1	1	0	Ambiente
2	1	10	Ambiente
3	2	0	Ambiente
4	2	10	Ambiente
5	1	0	5°C
6	1	10	5°C
7	2	0	5°C
8	2	10	5

3.4 Procedimiento experimental

El día 13 de septiembre del presente año se adquirieron frutos de guayaba transportados desde el municipio de Calvillo, Aguascalientes por medio de un intermediario de la central de abastos de Saltillo. Los frutos después de su llegada fueron trasladados al laboratorio de poscosecha donde fueron seleccionados de acuerdo a su grado de madurez y que no mostraran ningún tipo de daño. Posteriormente se prepararon las soluciones de CaCl_2 empleando un reactivo granulado grado laboratorio marca Merck y agua potable en un vaso de precipitados y un agitador magnético marca Thermolyne con las concentraciones al 1% y 2%. Una vez preparadas las soluciones los frutos de guayaba se sumergieron por un periodo de 5 min en cada tratamiento. Después fueron enjuagados y colocados en papel estroza para que se secaran al aire natural. Posteriormente se etiquetaron y pesó cada fruto con una báscula semianalítica marca Rhino. Luego se colocaron 4 frutos en charolas de plástico transparente las cuales fueron previamente perforadas en la parte superior para evitar la condensación.

Para obtener una lectura inicial se separaron 20 frutos a los cuales se evaluaron para obtener el peso, firmeza, color, contenido de sólidos solubles y pH el mismo día que se montó el experimento.

Los tratamientos con aplicaciones de ozono recibieron dicha aplicación con un ozonizador marca América Water Treatment. Para ello, se colocó una esfera porosa dentro de cada caja transparente y se accionó el ozonificador por un periodo de 10 min.

Los tratamientos a temperatura ambiente se colocaron sobre una mesa de granito en el laboratorio y los tratamientos a 5°C en un refrigerador.

Las evaluaciones se realizaron cada 4 días hasta el momento de deterioro de cada fruto.

En la Figura 2 en los incisos de la letra A a la L se observa el procedimiento experimental realizado en el experimento.

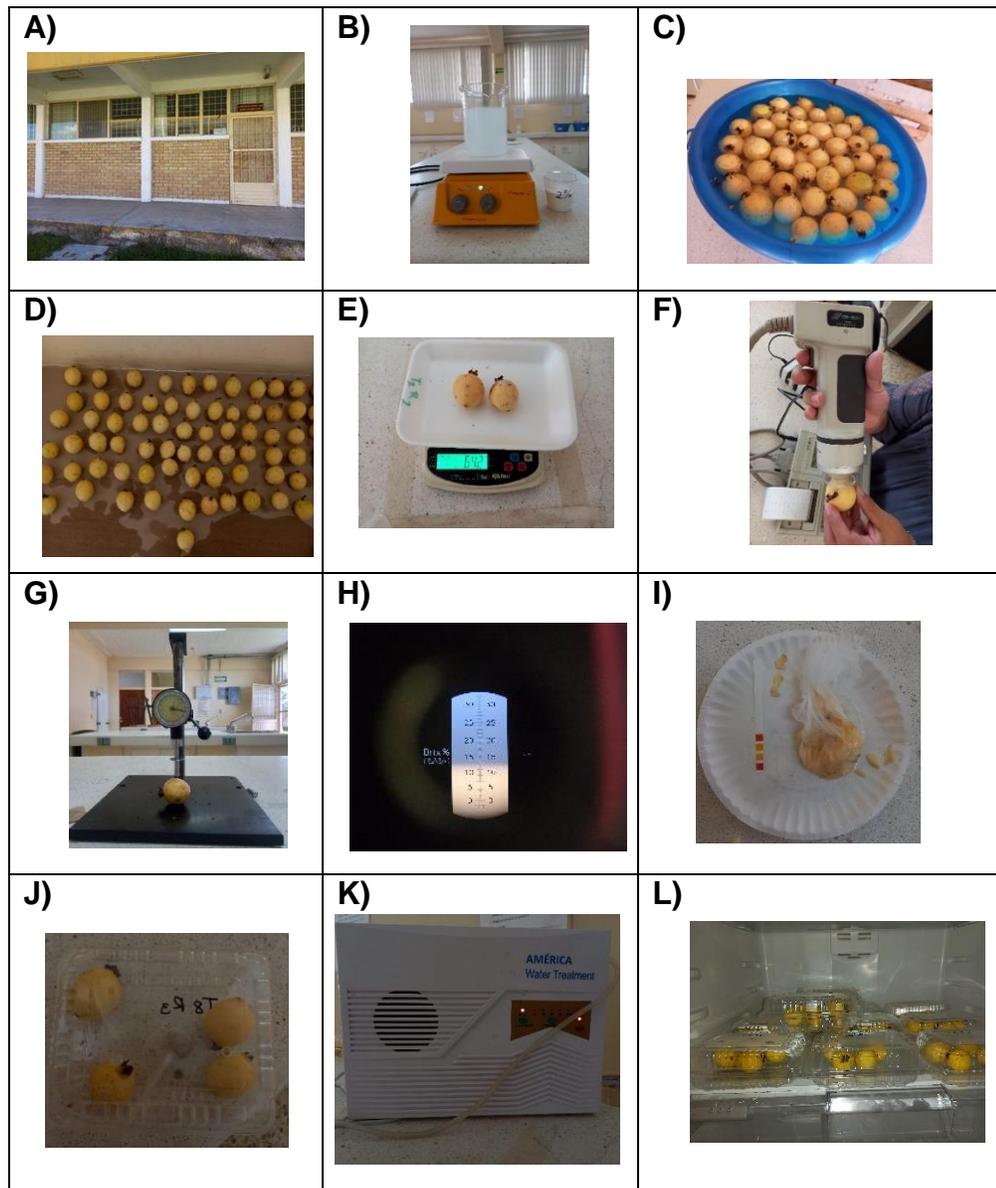


Figura 2. Procedimiento experimental. **A)** Laboratorio poscosecha; **B)** Disolución de CaCl_2 ; **C)** Inmersión de guayaba en cloruro de calcio; **D)** Secado de guayaba a $^{\circ}\text{T}$ ambiente; **E)** Pesaje de guayabas a evaluar; **F)** Lectura de valores de guayaba con el colorímetro; **G)** Evaluación de firmeza con el penetrómetro; **H)** Evaluación de $^{\circ}\text{Brix}$ de la guayaba con un refractómetro; **I)** Evaluación de acidez con tiras indicadoras de pH; **J)** Aplicación de ozono; **K)** Ozonizador para aplicar ozono; **L)** Almacenamiento de muestras a T° ambiente y a 5°C .

3.5 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el experimento fueron las siguientes:

Pérdida de peso o diferencia de peso (Δ peso). Esta variable se obtuvo en gramos con ayuda de una balanza semianalítica marca Rhino, la cual contaba con un soporte como peso máximo de 3 kg y un mínimo de 10 g. Para ello, se obtuvo una diferencia entre el peso final menos el peso inicial como se observa en la siguiente fórmula:

$$\Delta \text{ peso} = P_i - P_f$$

Donde:

Δ peso= Pérdida de peso

P_i = Peso inicial del fruto

P_f = Peso final del fruto

Pérdida de firmeza o diferencia de firmeza (Δ firmeza). Para obtener las evaluaciones de firmeza del fruto se utilizó con un penetrómetro manual (kg/cm^2) con una puntilla de 8 mm de grosor. Para obtener la lectura se presionó ligeramente cada fruto con el penetrómetro ocasionando destrucción del fruto. Por ello, el fruto evaluado inicialmente fue diferente al fruto final, pero con el mismo grado de madurez. La diferencia de este valor se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta \text{ firmeza} = F_i - F_f$$

Donde:

Δ firmeza = Pérdida de firmeza

F_i = Firmeza inicial del fruto

F_f = Firmeza final del fruto

Diferencia en el contenido de Sólidos Solubles Totales (Δ SST). Los sólidos solubles totales se evaluaron con un refractómetro marca Atago para ello se obtuvo el jugo de la guayaba cortando en fruto finamente con un cuchillo y por medio de una gasa se presionó fuertemente para obtener el jugo y obtener los °Brix. La diferencia de este valor se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta \text{ SST} = \text{SSTi} - \text{SSTf}$$

Donde:

Δ SST= Diferencia en el contenido de sólidos solubles totales

°SST= °SSTi inicial

°SST= °SSTf final

Acidez del fruto. Para obtener esta variable se obtuvo el jugo de la guayaba cortando en fruto finamente con un cuchillo y por medio de una gasa se presionó fuertemente para obtener el jugo. Luego este se colocó en tiras indicadoras de pH y se obtuvo la acidez de cada muestra.

La reacción de pH se obtiene en rangos de 0 a 14, donde 7 es un valor neutro y de 0 a 6 es ácido y de 8 a 14 es alcalino.

Diferencia de color (Δ E). Esta variable se obtuvo con un colorímetro marca Minolta CR300 y para ello se obtuvieron los valores de L^*a^*b tomando dos lecturas en ambos extremos de cada fruto y posteriormente se aplicó la siguiente fórmula

$$\Delta E = (L^*i - L^*f)^2 + (a^*i - a^*f)^2 + (b^*i - b^*f)^2$$

Donde:

Δ E= Diferencia de color

L^*i = luminosidad inicial

L^*f =luminosidad final

a^*i = Coordenadas rojo / verde inicial

a^*f = Coordenadas rojo / verde final

b^*i = Coordenadas amarillo / azul inicial

b^*f = Coordenadas amarillo / azul final

El espacio de color $L^*a^*b^*$, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usados para evaluar el color de un objeto. El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas (Konica Minolta Sensing Americas, Inc., 2023).

L^* = Luminosidad (0 representa una oscuridad total u opacidad y 100 brillante máximo).

a^* = Coordenadas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde).

b^* = Coordenadas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul).

Vida de anaquel.

Vida de anaquel. Esta variable se obtuvo contando el número de días donde el fruto se mantuvo con buena apariencia comestible.

3.6 Diseño experimental

El experimento se realizó en un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$, donde el primer factor correspondió a la concentración de CaCl_2 (1% y 2%) la segunda a la aplicación de ozono (sin ozono y 10 min con ozono) y el tercero fue la T° (ambiente y refrigeración a 5°C), la unidad experimental fue una guayaba.

3.7 Análisis estadístico

Con los datos recabados se realizó un análisis estadístico para obtener un ANOVA ($\alpha=0.05$ y 0.01) y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$ y 0.01) en un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ con igual número de repeticiones. Los datos se corrieron en el paquete estadístico SAS v. 9 para Windows.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pérdida de peso o diferencia de peso (Δ peso)

En frutos de guayaba contar con una apariencia fresca y sin daños es importante para el mercado, y durante la etapa de distribución y comercialización los frutos de guayaba pierden peso, debido al proceso de transpiración, lo cual deteriora enormemente su calidad. En este experimento después de realizar los análisis estadísticos se obtuvo diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) para esta variable en la interacción CaCl_2 x ozono x T° , es decir que la pérdida de peso resulto del efecto combinado de los tres factores (Cuadro 2). Además, se encontró numéricamente que las aplicaciones con 2% de cloruro de calcio en combinación con aplicaciones de 10 min de ozono redujeron la pérdida de peso de los frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente (Figuras 3).

Cuadro 2. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso en frutos de guayaba.

Fuente de variación	Valor de <i>P</i>
CaCl_2	0.0001**
Ozono	0.0004**
T°	0.0001**
CaCl_2 x ozono	0.0001**
CaCl_2 x T°	0.1815ns
ozono x T°	0.0075**
CaCl_2 x ozono x T°	0.0001**

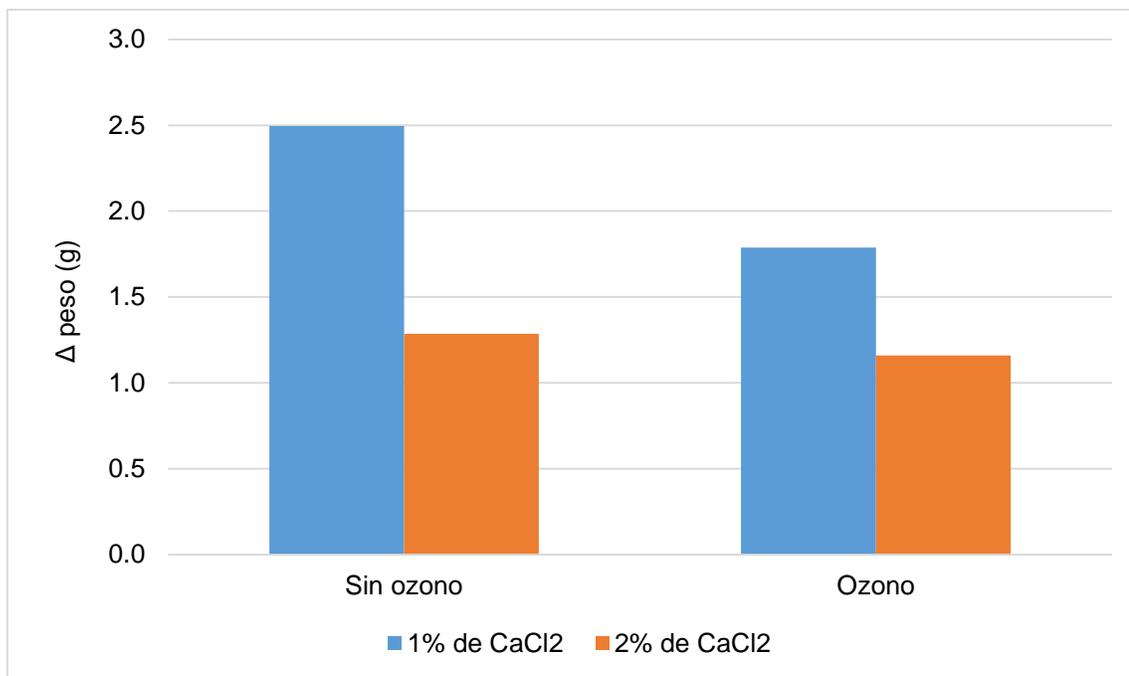


Figura 3. Pérdida de peso (Δ peso) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.

En relación a los frutos que se almacenaron a temperatura de 5°C se obtuvo un comportamiento similar a los almacenados a temperatura ambiente ya que los frutos que recibieron aplicaciones de 2% de cloruro de calcio en combinación con aplicaciones de 10 min de ozono presentaron una menor pérdida de peso y en menor cantidad como se observa en la Figura 4.

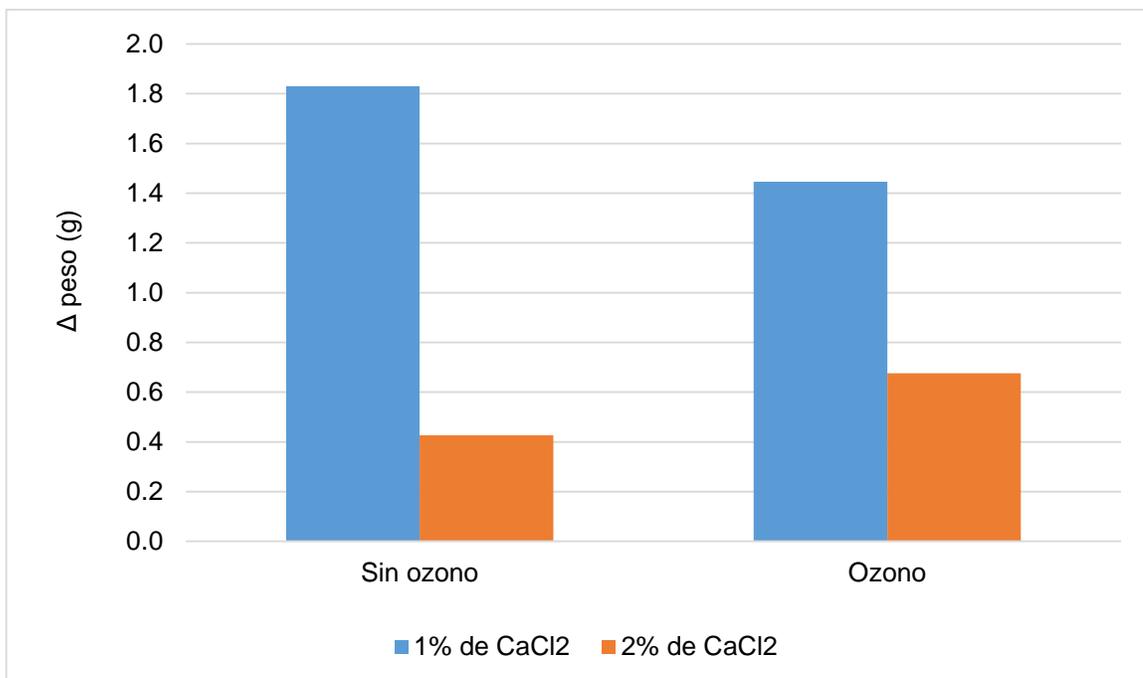


Figura 4. Pérdida de peso (Δ peso) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.

Los resultados obtenidos en este experimento fueron similares a los obtenidos en un estudio realizado con frutos de granada donde la aplicación de ozono disminuyó la pérdida de peso (Vásquez *et al.*, 2016). En otro estudio realizado en tomate donde también se evaluó la pérdida de peso, las aplicaciones de ozono redujeron significativamente la pérdida de peso (Rodoni, 2008). También Vilas *et al.* (2007) en aplicación de cloruro de calcio al 1%, a frutos de kiwi mediante el método de inmersión durante un minuto y almacenados durante 3 días a 10 °C, los frutos tratados presentaron mayor firmeza, con respecto a los testigos.

4.2 Pérdida de firmeza o diferencia de firmeza (Δ firmeza)

Otro de los criterios que influye en la buena calidad poscosecha de la guayaba es su firmeza, ya que está estrechamente relacionada con la textura del fruto y la resistencia de este a su manipulación. Una disminución de la firmeza representa una menor aceptación del consumidor y en consecuencia mayores pérdidas económicas. Una vez

realizados los análisis estadísticos se obtuvo diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) para esta variable en la interacción CaCl_2 x ozono x T° es decir que la pérdida de peso resultado del efecto combinado de los tres factores (Cuadro 3).

En la Figura 3 se observa que los frutos almacenados a temperatura ambiente que recibieron aplicaciones de cloruro de calcio al 2% en combinación con 10 min de ozono presentaron una menor pérdida de la firmeza. El valor promedio de pérdida de firmeza fue de tan solo de $2.3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable pérdida de firmeza en frutos de guayaba.

Fuente de variación	Valor de P
CaCl_2	0.0130*
Ozono	0.0130*
T°	0.4395ns
CaCl_2 x ozono	0.0001**
CaCl_2 x T°	0.7662ns
ozono x T°	0.7662ns
CaCl_2 x ozono x T°	0.0001**

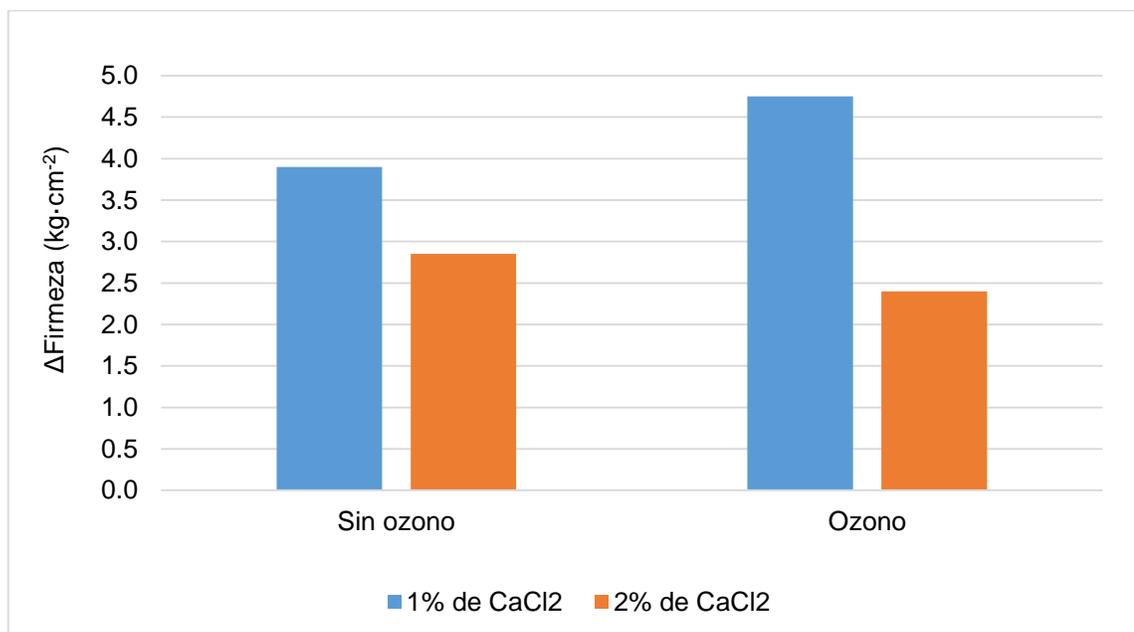


Figura 5. Pérdida de firmeza (Δ firmeza) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.

En la Figura 6 se observan los resultados de los frutos de guayaba almacenados en refrigeración (5°C). Se observa que las aplicaciones de cloruro de calcio en ambas concentraciones en combinación con la aplicación de 10 min de ozono redujeron la pérdida de firmeza de la guayaba. Los valores fueron de tan solo 0.3 kg·cm⁻² en promedio.

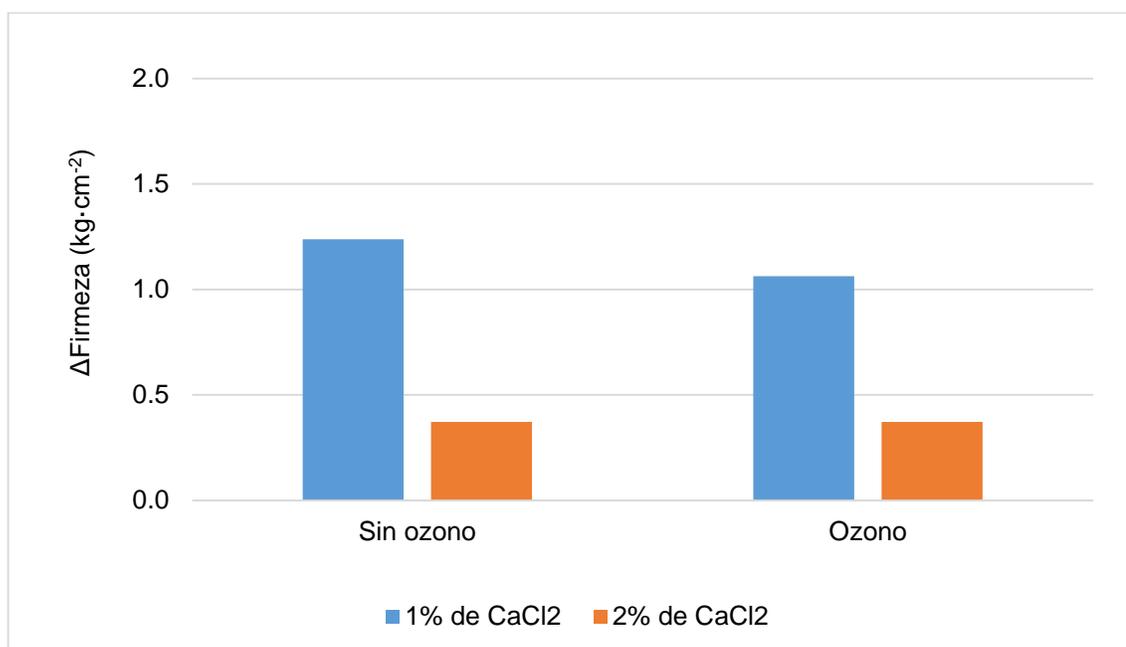


Figura 6. Pérdida de firmeza (Δ firmeza) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.

Agusti (2010) menciona que la firmeza de los frutos durante la maduración cambia y que las aplicaciones de calcio aumentan la estabilidad de la pared celular lo cual favorece la transportación de los productos después de la cosecha. También Pérez & Quintero (2015) mencionan que la aplicación de cloruro de calcio en frutas y hortalizas ayuda a conservar la firmeza, reducen la incidencia de enfermedades y previene la aparición de desórdenes fisiológicos.

Del mismo modo Rincón y Martínez (2015) mencionan que las aplicaciones de calcio en la poscosecha de frutas y hortalizas mantiene la turgencia celular, la firmeza de los

tejidos, retardan el catabolismo de lípidos de la membrana y como consecuencia se incrementa la vida de almacenamiento de los productos hortofrutícolas frescos con buenas condiciones de calidad. También Pinzón-Sandoval *et al.* (2016) realizaron aplicaciones precosecha al cáliz y al fruto en archuva de 1% y 2% de cloruro de calcio y encontraron que se redujo la maduración y la pérdida de la calidad organoléptica.

Los resultados similares a los obtenidos en este experimento en la variable firmeza encontraron Guijarro *et al.* (2020) en el cultivo de mora con la aplicación de ozono ya que este propicio una menor pérdida en la firmeza y Rodoni (2008) también encontró en tomate que la implementación de ozono redujo la pérdida de firmeza.

4.3 Diferencia en el contenido de Sólidos Solubles Totales (Δ SST)

Otro de los criterios que se consideran relevantes en la poscosecha de frutos de guayaba es el contenido de sólidos solubles totales o °Brix ya que indica la cantidad de azúcar que contienen las frutas de manera natural. En este experimento después de realizar los análisis estadísticos se obtuvo diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) para esta variable en la interacción $\text{CaCl}_2 \times \text{ozono} \times T^\circ$ es decir que la diferencia en el contenido de sólidos solubles totales fue consecuencia del efecto combinado de los tres factores (Cuadro 4). En los frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente que no se expusieron al ozono no mostraron cambio en la diferencia en el contenido de sólidos solubles totales, por el contrario, los frutos expuestos a aplicaciones de 10 min de ozono mostraron un incremento en dicha variable. Los frutos tratados con 1% de cloruro de calcio y aplicaciones de 10 min de ozono presentaron un mayor contenido de sólidos solubles totales (Figura 7).

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable diferencia en el contenido de sólidos solubles totales en frutos de guayaba.

Fuente de variación	Valor de P
CaCl ₂	0.0002**
Ozono	0.0002**
T°	0.0002**
CaCl ₂ x ozono	0.0001**
CaCl ₂ x T°	0.9925ns
ozono x T°	0.9925ns
CaCl ₂ x ozono x T°	0.0001**

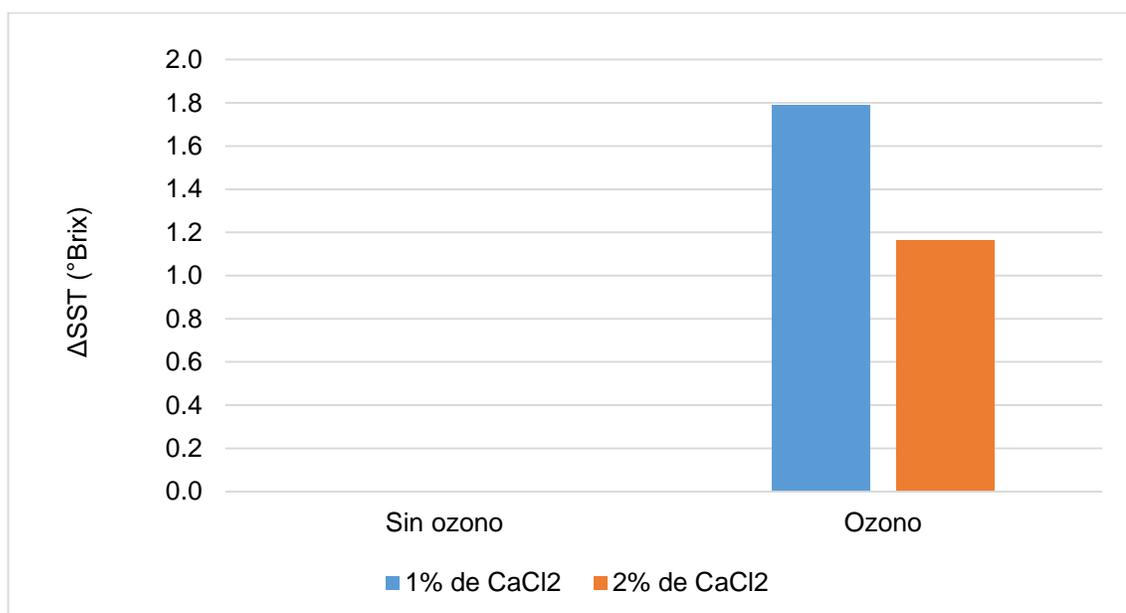


Figura 7. Diferencia en el contenido de sólidos solubles totales (ΔSST) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.

Por su parte los frutos de guayaba almacenados a 5°C tratados y tratados con 1% de cloruro de calcio y sin aplicaciones de ozono fueron los que mostraron un mayor incremento en el contenido de sólidos solubles, siendo dicho incremento de 1.8 °Brix en promedio (Figura 8).

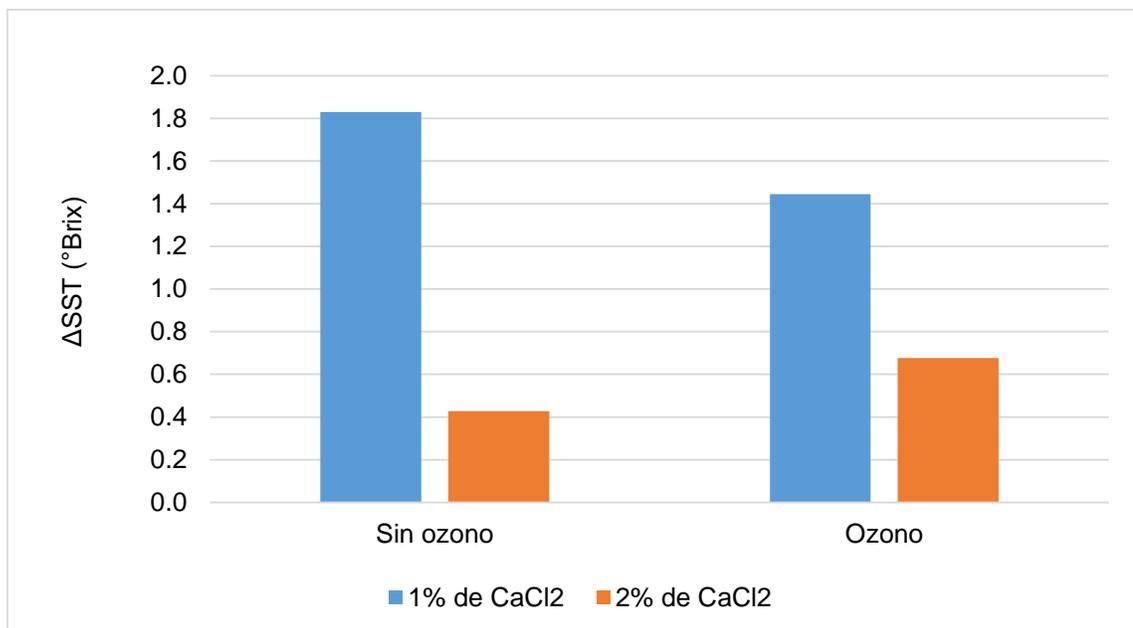


Figura 8. Diferencia en el contenido de sólidos solubles totales (Δ SST) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.

El tratamiento almacenado en refrigeración sin aplicación de ozono con 1% de cloruro de calcio fue el que presentó un ligero incremento en la diferencia de sólidos solubles totales a diferencia de los tratamientos con ozono. Estos datos son interesantes ya que presentan un ligero contraste con un estudio en mora donde la aplicación de ozono incremento de los °Brix (Guijarro *et al.*, 2020). Así mismo, los datos que se obtuvieron en el presente experimento, son similares a un estudio en granada donde el almacenamiento poscosecha no mostro gran diferencia en el contenido de sólidos solubles totales lo que coincide con nuestro experimento ya que no se observa gran diferencia entre el tratamiento con ozono al 1% de cloruro de calcio y el tratamiento sin ozono al 1% de cloruro de calcio (Vásquez *et al.*, 2016).

4.4 Acidez

Otro parámetro de importancia en los frutos de guayaba es su contenido de acidez. En este experimento no se observó diferencia estadística ni numérica y el valor obtenido para todos los tratamientos fue de 4.

4.5 Diferencia de color (ΔE)

El color en la guayaba es una característica visual importante ya que determina el estado en el que se encuentra la fruta y determina en gran parte su aceptación en el mercado. Después de realizar el análisis estadístico en esta variable se obtuvo diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en la interacción $\text{CaCl}_2 \times \text{ozono} \times T^\circ$ (Cuadro 5). Se obtuvo numéricamente que los tratamientos almacenados a temperatura ambiente con ambas concentraciones de cloruro de calcio (1 y 2%) y sin o con 10 min de ozono el cambio de color fue muy similar, siendo los valores obtenidos de 90 en promedio (Figura 9).

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable diferencia de color en frutos de guayaba.

Fuente de variación	Valor de P
CaCl_2	0.3289ns
Ozono	0.3289ns
T°	0.9338ns
$\text{CaCl}_2 \times \text{ozono}$	0.0001**
$\text{CaCl}_2 \times T^\circ$	0.5528ns
ozono $\times T^\circ$	0.5528ns
$\text{CaCl}_2 \times \text{ozono} \times T^\circ$	0.0001**

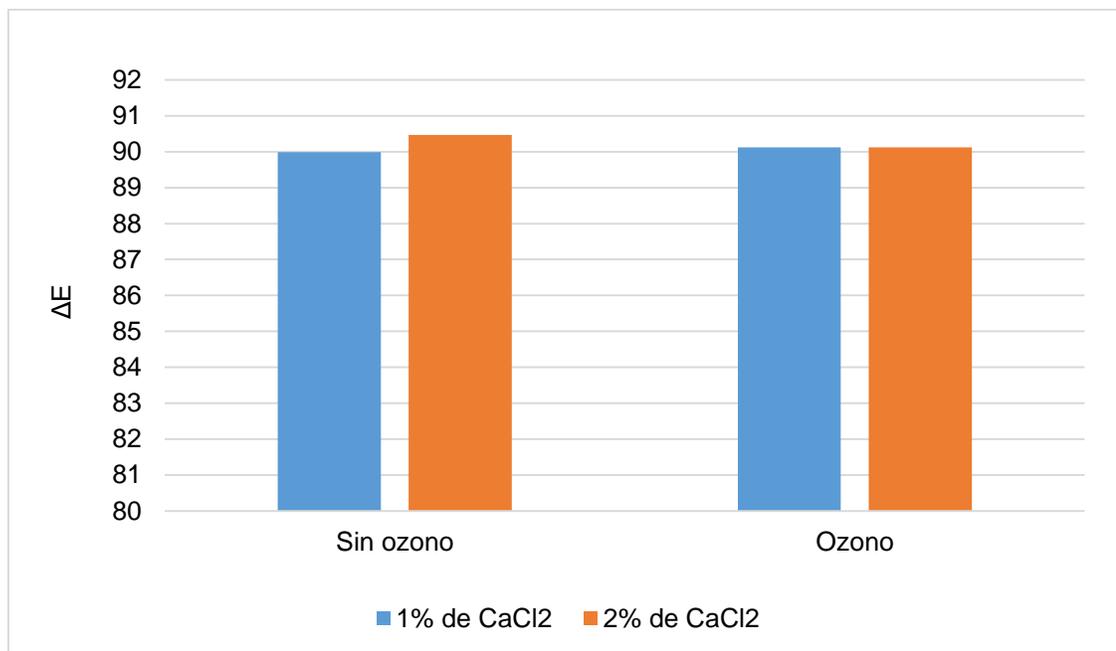


Figura 9. Diferencia de color (ΔE) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.

Por su parte los frutos de guayaba almacenados a 5°C mostraron un comportamiento diferente. El menor cambio de color de los frutos donde solo se alcanzaron valores de 89.2 se presentó en los frutos sin ozono y 2% de cloruro de calcio y en los tratados con ozono y 1% de cloruro de calcio respectivamente (Figura 10).

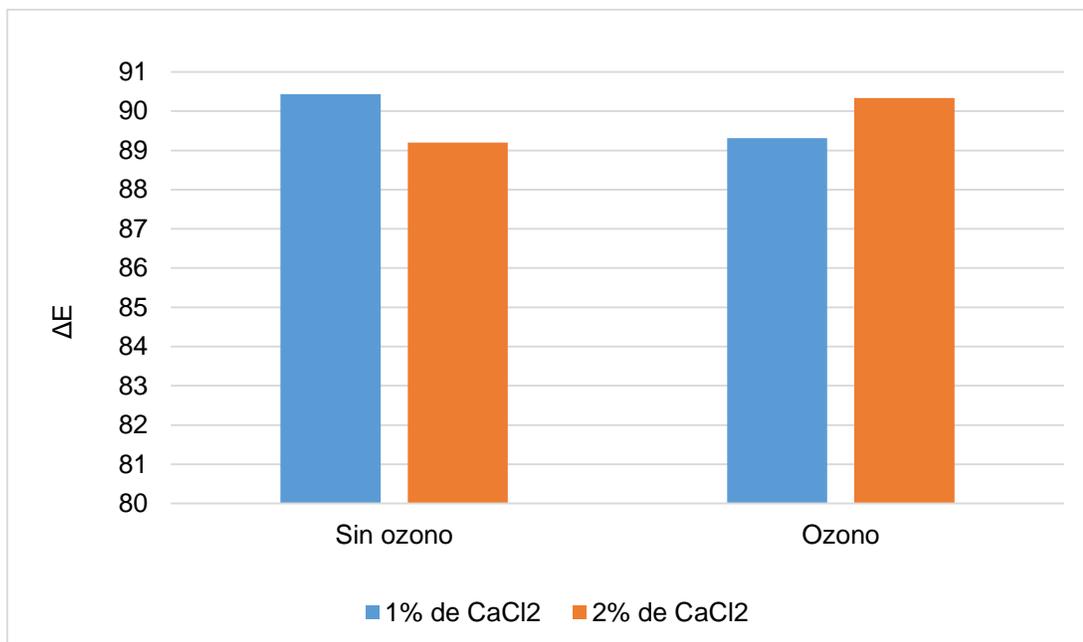


Figura 10. Diferencia de color (ΔE) en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.

Los resultados obtenidos en este experimento difieren con los obtenidos por Vásquez *et al.* (2016) en un estudio realizado con granada variedad Wonderful donde el uso de ozono gaseoso disminuyó la pérdida de color de la cáscara en la fruta. Del mismo modo, en un trabajo de investigación donde se evaluaron los efectos del ozono en poscosecha de Caqui Rojo Brillante, se observó que la implementación de este gas logró disminuir la pérdida de color (Arnal *et al.*, 2005).

4.6 Vida de anaquel

Otro de los criterios importantes en la poscosecha de guayaba es su vida de anaquel ya que influye de manera directa con pérdidas económicas. Una vez realizados los análisis estadísticos se observó al igual que en la mayoría de las variables analizadas en este experimento diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en la interacción CaCl₂ x ozono x T° (Cuadro 6). En el caso de los tratamientos almacenados a temperatura ambiente se observó que los tratamientos que presentaron una mayor vida de anaquel

(11 días en promedio) fueron los tratamientos con 2% de cloruro de calcio en combinación con 10 min de ozono o sin él. Mientras que, el tratamiento con 1% de cloruro de calcio sin ozono, mostró una disminución de un día en la vida de anaquel (Figura 11).

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable vida de anaquel en frutos de guayaba.

Fuente de variación	Valor de P
CaCl ₂	0.0706ns
Ozono	0.0706ns
T°	0.0001**
CaCl ₂ x ozono	0.0001**
CaCl ₂ x T°	0.5315ns
ozono x T°	0.5315ns
CaCl ₂ x ozono x T°	0.0001**

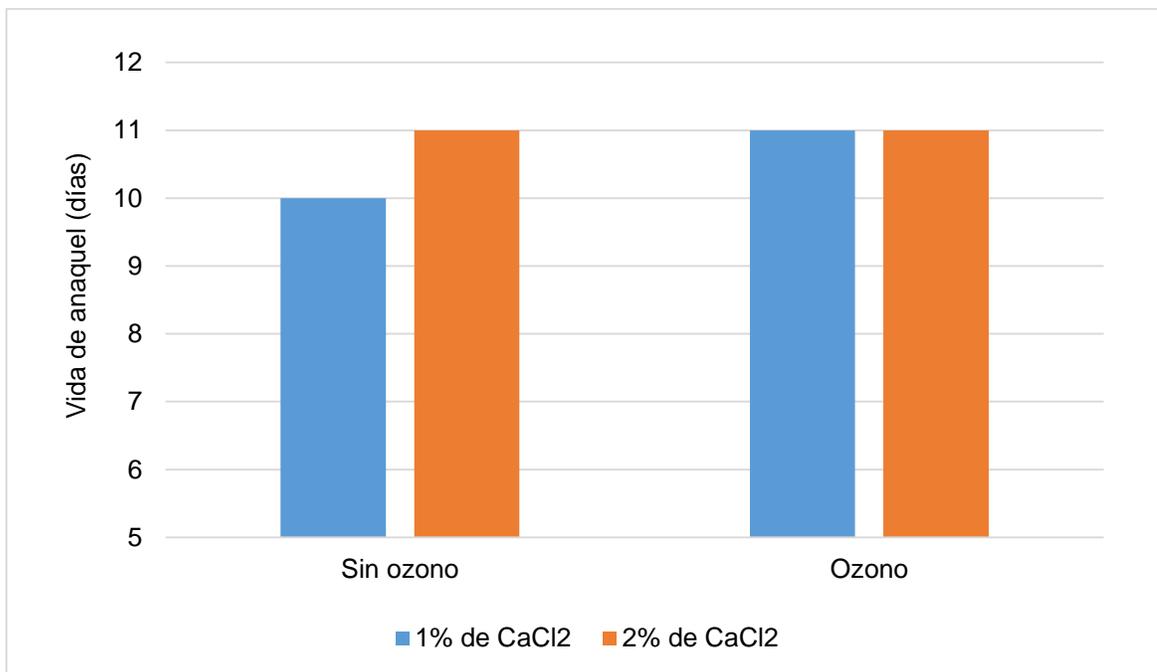


Figura 11. Vida de anaquel en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura ambiente.

Por el contrario, en la Figura 12 se observa que los tratamientos almacenados a 5° C alcanzaron una mayor vida de anaquel que los frutos almacenados a temperatura ambiente. Además, los frutos tratados con 10 min de ozono independientemente de la aplicación de cloruro de calcio presentaron un incremento en la vida de anaquel de uno o dos días en comparación con los tratamientos sin ozono. Se observó en promedio una vida de anaquel de 19 días en los frutos almacenados a 5°C y tratados con 2% de cloruro de calcio y 10 min de ozono (Figura 12).

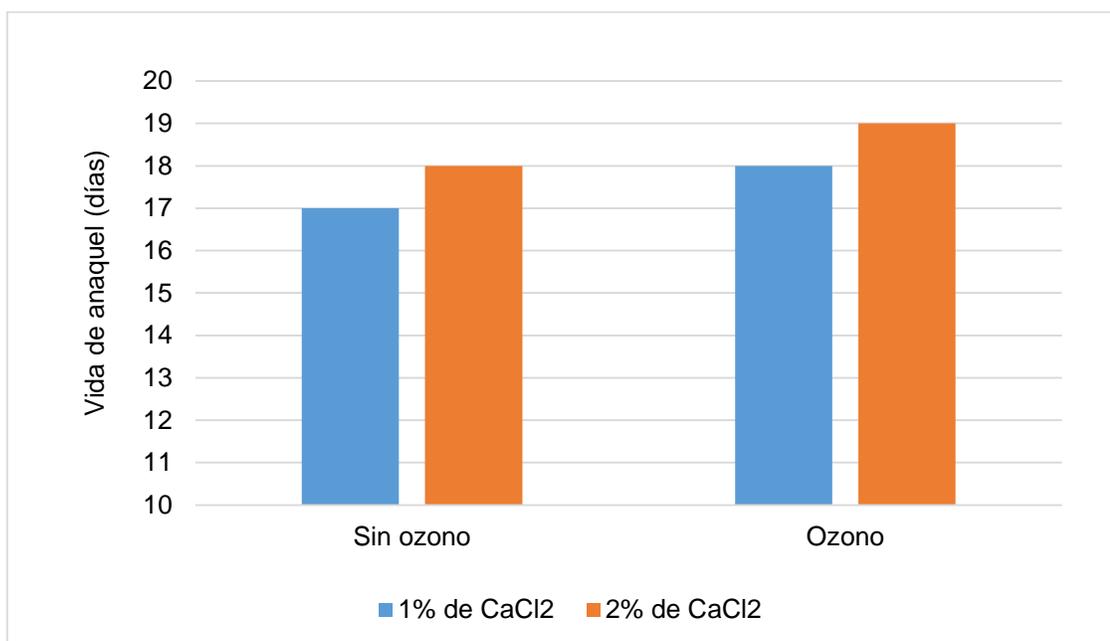


Figura 12. Vida de anaquel en frutos de guayaba tratados con dos concentraciones de cloruro de calcio, sin o con aplicaciones de 10 min de ozono y almacenados a temperatura de 5°C.

Vásquez *et al.* (2016) obtuvo resultados similares en un trabajo de investigación en Caqui rojo brillante, en los tratamientos que no recibieron aplicación de ozono solo alcanzaron una vida útil de 16 días, a diferencia de la obtenida con la aplicación de ozono donde se obtuvo una vida de anaquel más larga de la fruta, hasta de 35 días, lo que nos indica que la aplicación de ozono es viable para alargar la vida útil o vida anaquel del fruto (Arnal *et al.*, 2005).

V. CONCLUSIONES

La inmersión de frutos de guayaba en cloruro de calcio al 1% y 2% por 5 min en combinación con la aplicación de 10 min de ozono y almacenados tanto a temperatura ambiente como en refrigeración (5°C), afectaron de manera importante las variables de calidad y vida de anaquel. En tratamiento que obtuvo las mejores respuestas en los frutos de guayaba para las variables pérdida de peso, pérdida de firmeza, diferencia en el contenido de sólidos solubles totales, diferencia de color y en la variable vida de anaquel fue el tratamiento con 2% de cloruro de calcio+10 min de ozono almacenados a 5°C.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agrotendencia. (03 de Diciembre de 2022). Agrotendencia. Obtenido de Guayaba, propiedades, beneficios, ventajas y su cultivo: Agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/cultivo-de-la-guayaba/>
- Aguilar *et al.* (2019). Evaluación del cloruro de calcio a diferentes concentraciones en poscosecha de guayaba (*Psidium Guajava* L.) con diferentes temperaturas. *Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 7.
- Arnal *et al.* (2005). EFECTO DEL OZONO EN EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DE CAQUI ROJO BRILLANTE. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 9.
- Agnieszka Joanna Brodowska, Agnieszka Nowak & Krzysztof Śmigielski (2018) Ozono en la industria alimentaria: principios del tratamiento con ozono, mecanismos de acción y aplicaciones: descripción general, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58:13, 2176-2201, DOI : [10.1080/10408398.2017.1308313](https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1308313)
- Agustí M. Fruticultura. En: Agustí M. (ed.). *Fruticultura*. 2 ed. Madrid: Mundi-Prensa. 2010.
- Bataller *et al.* (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas ya hortalizas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 41, No. 3, pp. 155-164.
- Castro, V. N., & Quispe, T. A. (2010). Effect of ozone sanitizing systems for fruit and vegetables in the specialized laboratories FIIA -UNASAM. *Scielo Rev. Aporte Santiaguino*, 52.

Chavarria, M. L. (Abril de 2010). *Guayaba*. Republica de Honduras: Comercializadora GTZ.

Coronado. (2014). Maduración y Comportamiento Poscosecha de la Guayaba (*Psidium Guajava* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* Vol. 8 Num. 2, 327.

Diario Oficial de la Federación . (2002). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Secretaría de Gobernación: <https://docplayer.es/70509050-Nmx-ff-040-scfi-2002.html>

FAO. (1987). Manual para el Mejoramiento del Manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas. *Tecnología Poscosecha* 6, 100.

FAO. (09/02/2023). *Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/7f496685-es/index.html?itemId=/content/component/7f496685-es#section-d1e24300>

Galvis et al. (2003). Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2) sobre la vida de almacenamiento y la calidad del fruto de mango (*Mangifera Indica* L.) variedad Van Dyke. *Agronomía Colombiana*, 190-197.

Glady et al. (2005). Comportamiento poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium Guajava* L.) tratados con Cloruro de Calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 78-82.

Guijarro et al. (2020). Evaluación del uso de ozono gaseoso en mora (*Rubus glaucus* Benth) sin espinas como tratamiento poscosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16.

Hakan Karaca & Y. Sedat Velioglu (2007) Aplicaciones de ozono en el procesamiento de frutas y verduras, *Food Reviews International*, 23:1, 91-106, DOI: [10.1080/87559120600998221](https://doi.org/10.1080/87559120600998221)

Kader. (2022). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortifrutícolas*. Davis California: Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha Universidad de California.

Konica Minolta Sensing Americas, Inc. (09 de FEBRERO de 2023). *KONIKA MINOLTA*. Obtenido de KONIKA MINOLTA: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cielab/>

Núñez et al. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plastica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (*Fragaria x Ananassa duch*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 21-30.

Parzanece. (30 de Noviembre de 2022). *Subsecretaria de Alimentos y Bebidas*. Obtenido de Subsecretaria de Alimentos y Bebidas: <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=491#:~:text=En%201997%20la%20U.S.%20Food,durante%20su%20procesamiento%20o%20almacenamiento.>

Pérez, & Quintero. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. . *Alimentos Hoy*, 25.

Pinzón-Sandoval H. E., Reyes A. J. y Álvarez-Herrera J. G. 2016. Efecto del cloruro de calcio sobre la calidad del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Ciencia y Agricultura*, 13 (2):7-17.

Procuraduría Federal del Consumidor. (19 de Octubre de 2020). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México:
<https://www.gob.mx/profecco/articulos/guayaba-rica-en-sabor-y-propiedades?idiom=es#:~:text=Si%20bien%20es%20preferentemente%20con sumida,preparaci%C3%B3n%20de%20ponche%20y%20panes.>

PROMOSTA. (2005). El cultivo de la Guayaba. *Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales*, 12.

Química Es. (09 de Febrero de 2023). *Química es*. Obtenido de Química es:
https://www.quimica.es/enciclopedia/Cloruro_de_calcio.html

Ricaurte Galindo, S. L., (2006). Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario!!!. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, VII(10), 1-16.

Rincón P. A. y Martínez Q. E. 2015. Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Revista Alimentos Hoy*. 24(34): 13-25.

Rodoni, N. (2008). *Efecto de tratamientos con ozono sobre maduración y calidad de tomate (Solanum Lycopersicum) y frutilla (Fragaria x Ananassa)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Plata]. <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-final-de-Luis-Rodoni.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (03 de Enero de 2017). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México:
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumenta-8-2-por-ciento-produccion-de-guayaba-en-mexico-en-el-ultimo-trienio>

Vásquez et al. (2016). Efecto del ozono gaseoso sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y apariencia general de Punica Granatum L. Wonderful fresca . *Scientia Agropecuaria* , 8.

Venta, & Broche. (2010). El ozono una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *CENIC Ciencias Biológicas* 1; No. 3, 164.

Vilas-Boas, E. V. de B.; Kader, A. A., 2007. Effect of 1- methylcyclopropene (1- MCP) on softening of fresh-cut kiwifruit, mango and persimmon slices. *Posth. Biol. Tech.* 43: 238–244.