

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EVALUACIÓN DEL GEL DE SÁBILA (*Aloe vera*) COMO RECUBRIMIENTO
COMESTIBLE Y SU APLICACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE CARAMBOLA
(*Averrhoa carambola* L.) ENTERA Y MÍNIMAMENTE PROCESADA.

TESIS

PRESENTADA POR

JENNIFER ESTEFANY EDUARDO PALOMINO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PROMOCIÓN 2014 - I

PUNO – PERÚ

2016

EVALUACIÓN DEL GEL DE SÁBILA (*Aloe vera*) COMO RECUBRIMIENTO
COMESTIBLE Y SU APLICACIÓN EN LA CONSERVACION DE CARAMBOLA
(*Averrhoa carambola* L.) ENTERA Y MÍNIMAMENTE PROCESADA.

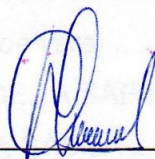
TESIS PRESENTADA POR:

JENNIFER ESTEFANY EDUARDO PALOMINO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :



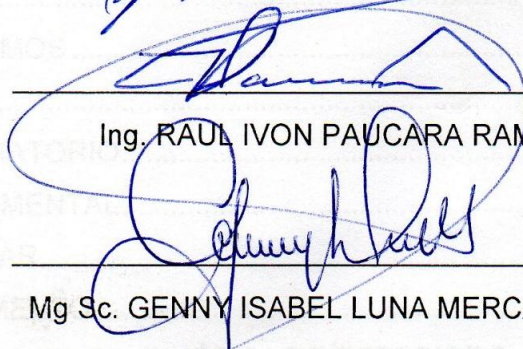
Mg Sc. FLORENTINO VICTOR
CHOQUEHUANCA CÁSERES

PRIMER MIEMBRO :



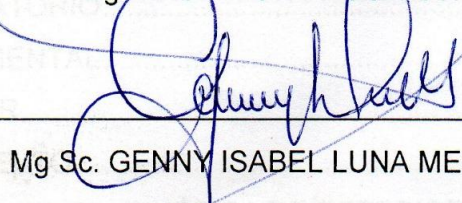
Ing. SAIRE ROENFI GUERRA LIMA

SEGUNDO MIEMBRO :



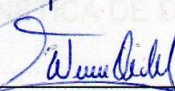
Ing. RAUL IVON PAUCARA RAMOS

DIRECTOR DE TESIS :



Mg Sc. GENNY ISABEL LUNA MERCADO

ASESOR :



Ing. WHANY QUISPE CHAMBI

PUNO – PERU

2016

Área: Ciencia y Tecnología

Tema: Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales Sostenibles y
Eficientes

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios porque cada día nos da el don de la perseverancia para alcanzar nuestra meta.

A la Universidad y toda la plana que conforma la misma que me abrieron sus puertas para ser mejor persona y un excelente profesional.

A los Catedráticos que con el pasar de los años se convirtieron en un ejemplo a seguir.

A mi director Dr. Wenceslao Medina, mis asesores: Ing Whanny Chamby, Dr. Jose Manuel Prieto Dr. Vladimiro Ibañez por su orientación, apoyo y dedicación.

A mis Compañeros ya que con ellos vivimos los buenos y malos momentos que solo se viven en la Universidad y que con algunos más que compañeros fuimos verdaderamente amigos.

A mis Padres: Edgar Eduardo e Iris Palomino, mis hermanas Fiorella, Karina, Claudia y Miluska por el apoyo incondicional, la compañía y la guía continúa y Jonh que con su forma de ser completo mi vida y la lleno de alegría.

A mis Amigos: Ricardo V, Winnie V, Alfredo T, Yordan P, Medaíid Y, Piter C, Pedro N, Jenny H, Erick R, Daniel S y demás personas que me motivaron a iniciar, desarrollar y finalizar esta investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis Padres por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron, todo esto se lo debo a ustedes.

Mis hermanas por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero mucho.

A Jonh quien con paciencia y amor, me dio una nueva ilusión y la fuerza para crecer y ser mejor

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. CARAMBOLA (<i>AVERRHOA CARAMBOLA</i> L.)	15
2.2. CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS POR FRÍO	24
2.3. VIDA ÚTIL.....	28
2.4. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE	30
2.5. SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>).....	36
2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA SÁBILA	36
2.5.2. TAXONOMÍA DE LA SÁBILA (<i>Aloe vera</i>).....	38
2.5.3. BENEFICIOS DEL CONSUMO DE LA SÁBILA EN LA SALUD ..	38
2.5.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SÁBILA	39
2.5.5. PROPIEDADES GENERALES DE LA SÁBILA	40
2.5.6. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA SÁBILA	41
2.5.7. SÁBILA COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE	41
III. MATERIALES Y METODOLOGÍA	43
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	43
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	43
3.4. EQUIPOS	44
3.5. MATERIALES DE LABORATORIO	44
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	45
3.6.1. ETAPA PRELIMINAR	45
3.6.2. PRIMER EXPERIMENTO	47
3.6.3. SEGUNDO EXPERIMENTO: CINÉTICA DE DETERIORO	52
3.6.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	55

IV. RESULTADOS.....	57
4.1. PRIMER EXPERIMENTO: ALMACENAMIENTO DE CARAMBOLA ENTERA	57
4.1.1. PRIMERA ETAPA: OPTIMIZACION DE CONDICIONES PARA OBTENER CALIDAD FISICOQUÍMICA DE CARAMBOLA ENTERA	57
4.1.2. SEGUNDA ETAPA: DETERMINACIÓN DE CONDICIONES PARA REDUCIR EL DESARROLLO DE <i>Botrytis cinérea</i> EN CARAMBOLA ENTERA	79
4.2. SEGUNDO EXPERIMENTO: DETERIORO ACELERADO	83
4.2.1. INDICADOR FÍSICO	83
4.2.2. INDICADORES QUÍMICOS	87
4.2.3. INDICADORES SENSORIALES	89
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFIA	95
ANEXOS	103
ANEXO 1: ALMACENAMIENTO DE LA CARAMBOLA ENTERA	103
ANEXO 2: GRÁFICOS Y PROCEDIMIENTO DE LA CINETICA DE DETERIORO DE LA CAMRABOLA MINIMAMENTE PROCESADA	108
ANEXO 3: ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL	117
ANEXO 4: FOTOS DEL EXPERIMENTO	118
ANEXO 5: CONSTANCIA DE ESPÉCIMEN BOTÁNICO CARAMBOLA - LABORATORIO DE TAXONOMÍA	119
ANEXO 6: CONSTANCIA DE ESPÉCIMEN BOTÁNICO SÁBILA - LABORATORIO DE TAXONOMÍA	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de la carambola en base a 100g de la parte comestible	17
Tabla 2: Frutos con un índice de calidad aceptable	20
Tabla 3: Tasa de respiración de la carambola.....	21
Tabla 4: Descripción de la sábila (<i>Aloe vera</i>)	36
Tabla 5. Composición química de la sábila.	39
Tabla 6: Decodificación de datos del diseño superficie de respuesta con ajuste DCC - almacenamiento de carambola	55
Tabla 7: ANVA del índice de daños	58
Tabla 8: ANVA del pardeamiento de aristas	60
Tabla 9: ANVA de la presencia de manchas.	62
Tabla 10: ANVA del Peso.	64
Tabla 11: ANVA de la Firmeza.....	67
Tabla 12: ANVA del Color	69
Tabla 13: ANVA de los °Brix	71
Tabla 14: ANVA del índice de la acidez	74
Tabla 15: ANVA del pH.....	76
Tabla 18: Valores óptimos de los factores y variables de estudio.	78
Tabla 17: ANVA para la carambola tratada entera a 15 °C	80
Tabla 18: Prueba Tukey para los tratamientos a 15°C	80
Tabla 19: ANVA para carambola tratada entera a 20 °C	80
Tabla 20: Prueba Tukey para los tratamientos a 20°C	81
Tabla 21: ANVA para la carambola tratada entera a 25 °C	81
Tabla 22: Variación del porcentaje de peso de las carambolas mínimamente procesadas durante los 4 días de conservación a 5 °C	84
Tabla 23: Variación del porcentaje de peso de las carambolas mínimamente procesadas durante los 4 días de conservación a 15 °C	85
Tabla 24: Variación del porcentaje de peso de las carambolas mínimamente procesadas durante los 4 días de conservación a 25 °C	86
Tabla 25: Tiempo de vida útil y Q10 con respecto a los ° BRIX.....	88
Tabla 26: Tiempo de vida útil y Q10 con respecto al pH	88
Tabla 27: Tiempo de vida útil y Q10 con respecto a la acidez.....	89

Tabla 28: ANVA para el Aroma	90
Tabla 29: Prueba Múltiple Duncan	90
Tabla 30: Tabla ANVA de la textura	90
Tabla 31: ANVA para el Sabor	90
Tabla 32: ANVA para el Color	91
Tabla 33: Valores obtenidos durante el almacenamiento de carambola entera	103
Tabla 34 : Ecuaciones de gráficos para el DCC	104
Tabla 35: Valores óptimos de las variables respuesta en forma individual	105
Tabla 36: Datos de la carambola tratada entera conservada a 15 °C	105
Tabla 37: Datos de la carambola tratada entera conservada a 20 °C	106
Tabla 38: Datos de la carambola tratada entera conservada a 25 °C	106
Tabla 39: Valores obtenidos para los sólidos solubles “°BRIX” :	108
Tabla 40: valores para graficar $\ln(K)$ vs $1/T$	109
Tabla 41: Resumen de datos para obtener la cinética de deterioro con respecto a los °Brix	111
Tabla 42: Valores obtenidos para el pH	111
Tabla 43: Resumen de datos para obtener la cinética de deterioro con respecto al pH	111
Tabla 44: Valores obtenidos para la acidez	111
Tabla 45: Resumen de datos para obtener la cinética de deterioro con respecto a la acidez	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de Carambola, Fuente: (County, 2004)	15
Figura 2: Fruto de carambola. a) Corte transversal, b) Fruto Maduro	16
Figura 3: Color del fruto	17
Figura 4: Daños mecánicos visuales en carambola	23
Figura 5: Pardeamiento de las aristas en frutos de carambola.....	23
Figura 6: Diferentes grados de descomposición físico-química de frutos de carambola.Fuente: (Ordúz & Rangel, 2002)	23
Figura 7: Planta de sábila " <i>Aloe vera</i> "	37
Figura 8: Micrografía del recubrimiento emulsión con cera de carnauba.....	42
Figura 9: Obtención de recubrimiento comestible a base de gel de Sábila (<i>Aloe vera</i>).	45
Figura 10: Metodología para el primer experimento (CARAMBOLA ENTERA)	51
Figura 11: Metodología para el segundo experimento. (CARAMBOLA MÍNIMAMENTE PROCESADA)	54
Figura 12: Superficie de respuesta para el índice de daños:.....	59
Figura 13: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el índice de daños.....	59
Figura 14: Superficie de respuesta para el pardeamiento de aristas	61
Figura 15: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el pardeamiento de aristas.....	61
Figura 16: Superficie de respuesta para la presencia de manchas:	63
Figura 17: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para las manchas	63
Figura 18: Superficie de respuesta para el peso	65
Figura 19: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el peso	66
Figura 20: Superficie de respuesta para la firmeza:	68
Figura 21: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para la firmeza.....	68
Figura 22: Superficie de respuesta para el color:	70

Figura 23: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el color	71
Figura 24: Superficie de respuesta para los °Brix:.....	72
Figura 25: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para los °Brix	73
Figura 26: Superficie de respuesta para la acidez	75
Figura 27: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para los acidez	75
Figura 28: Superficie de respuesta para el pH	77
Figura 29: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el pH	77
Figura 30: Variación del peso en las muestras conservadas a 5 °C:	83
Figura 31: Variación del peso en las muestras conservadas a 15 °C:	84
Figura 32: variación del peso en las muestras conservadas a 25 °C:.....	85
Figura 33: Análisis porcentual del Aroma.....	113
Figura 34: Análisis porcentual del color.....	114
Figura 35: Análisis porcentual de sabor	115
Figura 36: Análisis porcentual de textura	116

GLOSARIO DE TÉRMINOS

° **Hue**: también llamado ángulo de matiz o tonalidad, cuyos valores posibles van desde 0 ° a 360 °.

° **Brix**: sirven para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido, es la concentración de sólidos- solubles.

%PP: porcentaje de pérdida de peso.

Daños por frío: es un factor limitante para el almacenaje prolongado dado que modifica las características fisicoquímicas de alimentos.

E1, E2, E3: recubrimientos con concentraciones de sábila diferentes propuestas para la investigación. (E1: 35%, E2: 45% y E3: 55%).

Esclerodio: masa compacta de micelio que contiene reservas alimenticias.

Frigoconservación: es la técnica que se basa en la aplicación de temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener cualidades organolépticas, nutritivas, etc; durante un periodo de tiempo que dependerá de la especie y variedad que se trate.

MP1, MP2, MP3: recubrimientos con concentraciones de sábila diferentes con adición de cera de carnauba, propuestas para la investigación. (MP1: 35%, MP2: 45%, MP3: 55%).

ppm: partes por millón.

Recubrimiento comestible: es una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento.

Película comestible: es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento.

Pitting: Es una forma de corrosión localizada, caracterizada por los agujeros en la superficie del alimento.

Q10: es el factor de sensibilidad a las variaciones de temperatura.

w/w: traduce al español peso/peso.

RESUMEN

En la presente investigación se optimizaron las condiciones de almacenamiento de la carambola entera y se evaluó el deterioro acelerado de la carambola mínimamente procesada. Para el almacenamiento, las muestras fueron tratadas con recubrimientos de 0%, 35%, 45% y 55% de sábila y conservadas a 5 °C, 10 °C y 15 °C. La optimización del almacenamiento se realizó con el diseño superficie de respuesta con ajuste central compuesto con cuatro puntos axiales y centrales para evaluar la rotación del sistema, obteniendo como condiciones óptimas 5 °C y 36.85% de sábila en el recubrimiento, bajo estas condiciones la carambola entera presenta las siguientes características índice de daños de 0.57, 53.74% de pérdida de peso, desarrollo ligero de manchas, ligero pardeamiento, 90.8 °Hue tonalidad amarilla, firmeza de 4.64 Kg/cm², con una concentración de 4.99 °Brix, acidez 0.00159 expresado en ácido cítrico y pH 2.19, por otro lado las condiciones para reducir el desarrollo de *Botrytis cinérea* se midieron con una prueba cualitativa sensorial, el análisis de varianza fue significativo y la comparación de tukey explica que se reduce el desarrollo a 15 °C con el recubrimiento E1: 35 % de sábila. Para el deterioro acelerado se utilizó los recubrimientos de 0%, 35%, 45% y 55% de sábila con adición de cera de carnauba al 1%, con el diseño completamente al azar se determinó que las muestras conservadas a 5 °C tratadas con un recubrimiento de 55% de sábila pierden 0.44% menos peso que la muestra control, para los atributos químicos las muestras conservadas a 15 °C tratadas con el recubrimiento de 55% de sábila, los °Brix y la acidez prolongan la vida de las muestras en 1 día, en ambos casos, el pH presenta un tiempo de vida muy bajo, los valores de Q10 se mantienen constantes. Por otro lado los indicadores sensoriales de las muestras tratadas con los porcentajes de sábila mencionados conservados a 5 °C presentan reducción en el aroma característico al aplicar mayor concentración de sábila, el sabor, color y textura se mantienen similares con respecto a la muestra control. Entre tanto la aplicación del recubrimiento de sábila (mayor concentración) permite almacenar la carambola entera a menor temperatura protegiéndola del frío y deterioro cuando es mínimamente procesada.

I. INTRODUCCIÓN

La Carambola (*Averrhoa carambola* L.) es una fruta susceptible a sufrir daños por frío causado por la sensibilidad que presenta en su piel, lo que afecta la calidad y reducen su vida útil (Palacios & Rodriguez, 2001). Uno de los principales agentes que deterioran la carambola, durante la conservación, es el hongo *Botrytis cinérea* (Siller, Muy, Báez, García, & Araiza, 2004) y (Arroyo, 2010) . Entre las aplicaciones en las que puede emplearse esta fruta son: la elaboración de vino, mermelada y por su llamativa forma al corte de estrella de cinco puntas, es ampliamente utilizada en la decoración de platos, cocteles, etc. para lo cual debe ser mínimamente procesada (Ordúz & Rangel, 2002), (Arozarena, 2010)

Dentro de las técnicas más utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas encontramos la refrigeración, el uso de atmosferas controladas, uso de absorbentes de etileno, aplicación de películas cubrientes y aplicación exógena de fitorreguladores. (Parikh, Nair, & Modi, 1990). Combinar tecnologías nos ayudan a conservar mejor las características físico - sensoriales de las frutas, los recubrimientos comestibles tienen una gran acogida en la conservación de alimentos, y las tendencias ecológicas de la actualidad han llevado a la revaloración de materias primas naturales amigables con el ambiente como ser geles en agua, aceites esenciales, etc. (Quintero, Falguera, Muñoz, & Aldemar, 2010).

Se han realizado varias investigaciones con el fin de encontrar un recubrimiento comestible natural que permita mantener la calidad de las frutas y alargar la vida útil, tal es el caso del gel extraído de la pulpa de *Aloe barbadensis* Miller que ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento (Valverde et al., 2005), su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de Naturaleza fenólica, y el hecho de que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos (Castillo, 2012).

Diversas civilizaciones han conocido las propiedades terapéuticas del Aloe a lo largo de la Historia, como aliviador de quemaduras, edemas, incisiones y artritis. El gel de *Aloe vera* contienen dos fuentes líquidas principales, el látex amarillo está compuesto principalmente por derivados de antraquinonas (Aloína y Aloe emodina) y compuestos fenólicos, y el gel mucilaginoso contiene fundamentalmente polisacáridos. En los últimos años se está presentando especial importancia al uso del *Aloe vera* en la industria de alimentos como fuente de alimentos funcionales (leche, helados, golosinas, etc.) (Martínez D. , y otros, 2006)

Por tanto el objetivo de esta investigación es evaluar el recubrimiento elaborado con gel de sábila para mantener la calidad durante el almacenamiento y el deterioro acelerado de la carambola entera y mínimamente procesada respectivamente, promoviendo el consumo y conservación de carambola entera y mínimamente procesada, a la vez proporcionar una alternativa para el aprovechamiento del gel de sábila. Los objetivos específicos se mencionan a continuación:

Optimizar la temperatura y el recubrimiento (concentración de sábila (*Aloe vera*)), para mantener la calidad físico - química y reducir el desarrollo de *Botrytis cinérea* en carambola (*Averrhoa carambola* L.) entera durante el almacenamiento.

Determinar el efecto de la aplicación del recubrimiento de sábila sobre la cinética de deterioro de los atributos físico – químicos y sensorial en carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.)

2.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CARAMBOLA

La carambola (*Averrhoa carambola* L.) es una fruta tropical de origen incierto pero se cree que proviene del suroeste de Asia, específicamente, Malasia e Indonesia. En América fue introducido a fines del siglo XVIII; actualmente se encuentra este cultivo en un gran número de países tales como: Australia, Francia, Tailandia, Indochina, China, Malasia, Brasil, República Dominicana, Venezuela, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México, Haití, Ecuador, y Argentina. (Salinas, Reyes, & Martinez, 2003). Fue introducida a Perú por la Amazonia a través de viajeros que llegaban desde Brasil, de ahí se extendió a Huánuco, Madre de Dios y Cusco (Calzada B. , 1980)

2.1.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CARAMBOLA

El árbol del carambolo es de hoja perenne, puede tener un tronco simple o ramificado y su altura varía de pequeña a mediana (22 a 33 pies; 7 a 10 m), ver figura 1. Los árboles crecen rápidamente en los sitios protegidos de los vientos fuertes. El área media de la copa (3 a 7 pies; 0.9 a 2.1 m) es la zona de mayor producción de frutos (Gonzales, 2000)



Figura 1: Árbol de Carambola, Fuente: (County, 2004)

La carambola tiene hojas compuestas que poseen una longitud de 6 a 12 pulgadas (15 a 30 cm) y se disponen alternadamente en las ramas. Cada hoja tiene de 5 a 11 hojuelas verdes que poseen una longitud de 0.5 a 3.5 pulgadas (1.5 a 9 cm) y un ancho de 0.4 a 1.8 pulgadas (1 a 4.5 cm). (Gonzales, 2000)

Los frutos son bayas elipsoidales u ovoides con 5 costillas o prominencias longitudinales; en corte transversal da a la fruta una apariencia de estrella por lo que es llamada comúnmente fruta estrella (Figura 2a), los cuales se cosechan todo el año. A cada costilla o prominencia corresponde un lóculo con dos semillas planas. Los frutos miden de 6 a 12 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho (Leon, 1987). Se da en racimos con un promedio de 8 a 10 frutos por racimo y las mejores frutas se producen si están protegidos del sol a través del follaje de las hojas (Figura 2b), de tal manera que los mejores racimos de frutas se dan en las axilas de las ramas y en la parte interna de la falda de los árboles.



Figura 2: Fruto de carambola. a) Corte transversal, b) Fruto Maduro

Fuente: (Martínez, 2011)

La pulpa es jugosa de agradable fragancia y en las variedades más dulces poseen un sabor vivo, ligeramente subácido (Tello, Garcia, & Vasquez, 2002). Maduran a los cuatro o cinco meses después de la floración (Orduz & Rangel, 2002)

Tiene una piel fina, lustrosa y comestible, de color entre verde o dorado y amarillo-anaranjado cuando está madura. (Figura 3).



Figura 3: Color del fruto

Fuente: (Martínez, 2011)

2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARAMBOLA

En la Tabla 1 se observa la composición de la carambola 100g de parte comestible

Tabla 1: Composición de carambola, base 100g de parte comestible

COMPONENTES MAYORES (g)	CANTIDAD
Agua	90.0
Proteínas	0.5
Grasas	0.3
Carbohidratos	9.0
Fibra	0.6
Ceniza	0.4
MINERALES (mg)	
Calcio	5.0
Fosforo	18.0
Hierro	0.4
VITAMINAS (mg)	
Caroteno (A)	90.00
Tiamina (B1)	0.04
Rivoflavina (B2)	0.02
Niacina (B5)	0.30
Ac. Ascórbico (C)	35.00

*Fuente: (Tello, García, & Vasquez, 2002)

2.1.4. TAXONOMÍA DE LA CARAMBOLA

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Geraniales

Familia: Oxilidaceae

Género: *Averrhoa*

Especie: *Averrhoa carambola*

Fuente: (Gonzales & Palacios, 2003)

2.1.5. COSECHA Y POSCOSECHA DE LA CARAMBOLA

Se deben cosechar frutos maduros, para obtener un rendimiento anual de 50 kg por árbol (12 500 kg/HA); se puede llegar a obtener por año entre 40 000 a 70 000 kg/ha. Las mejores frutas maduran en el árbol, pero si cosechan antes su maduración es muy lenta. La fruta se puede almacenar a una temperatura aproximada de 10°C durante cuatro semanas cuando inicia la maduración. Si se aumenta la temperatura la fruta madura más rápidamente. (Ordúz & Rangel, 2002)

La fruta de carambola en poscosecha es poco tolerante al daño mecánico, debido principalmente a su forma, características cuticulares y su elevado contenido de humedad. La madurez es determinada por la experiencia, desarrollo de color y porcentaje de azúcares. La concentración de azúcares se eleva y la acidez disminuye conforme el color se desarrolla cuando maduran en el árbol. Cuando alcanzan el desarrollo completo de color (anaranjado), las alas de los frutos son muy frágiles y son fácilmente dañadas durante el manejo (García, 1982)

Es común observar en frutos recién cosechados, la presencia de hormigas que dejan manchas blancas en el pedúnculo, de esta forma, el ataque de insectos y la incidencia de enfermedades poscosecha afectan sensiblemente la calidad y presentación de la

fruta. La obtención de frutos de tamaño y calidad adecuados para los mercados nacionales y de exportación es el resultado de un buen manejo del cultivo (Sica, 2010)

Wan y Lam (1984), citado por Gonzales D. , (2000); mencionan que la carambola en estado maduro, presenta mejor calidad que en estado inmaduro, ya que los sólidos solubles y la acidez no cambian durante el almacenamiento. Sin embargo, estas características de madurez en el fruto acortan su vida de anaquel e incrementan la susceptibilidad a daños por manejo.

a. RECOMENDACIONES PARA MANTENER LA CALIDAD POSCOSECHA

Según Silverio, Salazar, & Arredondo, 2010, las recomendaciones para mantener la calidad pos cosecha en carambola son las siguientes:

ÍNDICE DE COSECHA

El color del fruto va cambiando de verde a amarillo, lo que va acompañado de un aumento de sólidos solubles que incluyen azúcares (dulzura). Las carambolas se deben cosechar cuando están completamente amarillos para asegurar una buena calidad de consumo. Sin embargo, se usa como índice de madurez comercial al momento de cambio de color (1/2 a 3/4 del fruto esta amarillo) ya que los frutos son más firmes y fácil de manejar

- i. Índice de calidad En la Tabla 2 se muestra el índice de calidad aceptable para la carambola.

Tabla 2: Frutos con un índice de calidad aceptable

ATRIBUTO	ÍNDICE DE CALIDAD
Daños mecánicos	Ausencia de magulladuras, daños por insecto, pájaros, cicatrices a causa del viento y pudriciones
Color	Amarillos, firmes sin pardeamiento en la piel ni en las 5 venas
Textura	Pulpa jugosa y crujiente
°Brix	Presencia de glucosa, fructosa y sacarosa
Acidez	Presencia de ácido oxálico, málico y cítrico
pH	3.8 – 4.1 (dulces), 2.2 -2.6 (ácidos)

Fuente: (Gonzales, 2000)

ii. Temperatura óptima de conservación

La temperatura optima varía entre 5 – 10 °C, dependiendo del cultivar y de la zona de producción, las temperaturas más bajas pueden causar daños por enfriamiento dependiendo del cultivar, etapa de madurez y temperatura a lo largo del almacenamiento.

iii. Humedad relativa óptima de conservación

La humedad relativa óptima varía entre 90 – 95 %, una humedad más baja lleva síntomas más graves de pardeamiento en las venas.

iv. Tasa de respiración

La tasa de respiración se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 3: Tasa de respiración de la carambola

Temperatura	5 °C	10 °C	15 ° C	20°C
ml CO ₂ / kg h ⁻¹	5 - 10	8 - 15	12 - 18	20 - 40

v. Tasa de producción de etileno

El carambolo es un fruto no climatérico, tiene una producción menor a 1.0 µl/ kg.h a 20°C

vi. Efecto del etileno

El color verde de las carambolas se sigue desapareciendo durante un almacenamiento a 15 °C o 20 °C, y se puede detectar cierto mejoramiento en el sabor debido a la pérdida de acidez. Mediante una exposición a etileno (100 ppm por 24 horas), se puede acelerar levemente estos cambios, pero a su vez esto puede aumentar la ocurrencia y la gravedad de pudriciones.

vii. Efectos de la atmósfera controlada

Mientras se minimice la deshidratación (mediante una alta humedad relativa y/o uso de barreras membranosas para el empaque), se pueden guardar carambolas de Florida a 5°C por 4 a 6 semanas.

viii. Fisiopatías y daños físicos

Daño por congelamiento, entre los síntomas está el picado superficial con cicatrices pequeñas (1mm), profundas y café oscuras o grandes (1-2 mm), superficiales y café claras, el pardeamiento de borde de las venas. En algunos cultivares, estos síntomas se han observado tras 2 semanas a 0 °C o 6 semanas a 5°C seguido por 2 días a 20 °C.

- ix. Daños físicos, el pardeamiento del borde de las venas y de la punta terminal puede ser provocado por rozaduras superficiales u otros tipos de magulladuras. Aumenta la intensidad del pardeamiento cuando los frutos se deshidratan. Es esencial manejar las carambolas cuidadosamente para minimizar las magulladuras y reducir pérdidas de pos cosecha.
- x. Arrugamiento por deshidratación,
Se hacen visibles los síntomas cuando las carambolas pierden como el 5% o más de su peso debido a un estrés hídrico.
- xi. Daño por calor,
Cuando las carambolas se exponen a tratamiento de calor como 46 °C por 35 a 55 minutos, para controlar los insectos, puede ocurrir un pardeamiento de la piel y un ablandamiento de la pulpa. El tratamiento de frío o la irradiación pueden representar mejores opciones.
- xii. Enfermedades poscosecha
Las enfermedades poscosecha en carambolas pueden ser causada por *Alternaria alternata* y *Botrytis cinerea* (especialmente en frutos enfriados) (Arroyo, 2010), *Cladosporium cladosporioides*, o *Botrydiplozia theobromae*. Usualmente estas ocurren en regiones de la fruta con daño físico durante un almacenamiento prolongado. Al minimizar daños físicos en la cosecha y en las operaciones de manejo de poscosecha, al enfriar rápidamente a 5 °C, se puede reducir significativamente la ocurrencia y la gravedad de enfermedades poscosecha en carambolas.

2.1.6. DAÑOS POSCOSECHA DE LA CARAMBOLA

El fruto debe ser manipulado cuidadosamente, ya que es muy susceptible a daños por golpes y roces. Se evidencian daños totales como: pardeamiento de las aristas, aparición de manchas superficiales de color café, agrietamiento de la corteza aparición de hongos, asimismo, en frutos refrigerados se presenta disminución de aroma característico y alteración del color, observándose frutos de color café oscuro al final del almacenamiento (Figura 4, Figura 5, Figura 6) (Palacios & Rodriguez, 2001)



Figura 4: Daños mecánicos visuales en carambola



Fuente: (Ordúz & Rangel, 2002)

Figura 5: Pardeamiento de las aristas en frutos de carambola

Fuente: (Ordúz & Rangel, 2002)

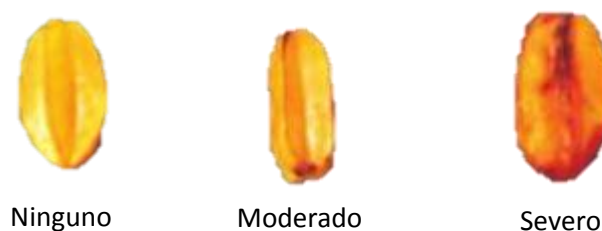


Figura 6: Diferentes grados de descomposición físico-química de frutos de carambola. Fuente: (Ordúz & Rangel, 2002)

2.1.7. USO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA CARAMBOLA

El carambolo se utiliza en gelatinas, jaleas, conservas y refrescos, para fabricar vinos y mermeladas, en vinagre, como sustituto del tamarindo para preparar varios alimentos y es ampliamente utilizada para la decoración de postres en presentaciones que se incluyen dentro de los denominados productos de IV gama o mínimamente procesado. La temperatura recomendada para la conservación en refrigeración de la carambola es de 9°C. (Arozarena, 2010)

La pulpa ácida se utiliza para remover manchas en ropa blanca y para dar brillo a metales de latón y bronce. Su madera tiene buen comportamiento como combustible. El carambolo se consume maduro, se rebanan y se sirven en las ensaladas. En malaya, se prepara en estofados, solo o combinado con manzanas. (Orduz & Rangel, 2002)

2.2. CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS POR FRÍO

El almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas y hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación de ciertas temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener cualidades organolépticas, nutritivas, etc; durante un periodo de tiempo que dependerá de la especie y variedad que se trate.

La conservación refrigerada bajo condiciones óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desordenes fisiológicos y podredumbre retrasar la maduración y senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artés, 2000)

2.2.1. EFECTOS DE LA FRIGOCONSERVACIÓN

La conservación de los frutos a bajas temperaturas influye en diferentes procesos biológicos como son:

- a. RESPIRACIÓN, es el principal proceso de deterioro de los frutos, el mismo es atenuado por las bajas temperaturas, que logran la tasa respiratoria y la perdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas. La velocidad de respiración de un fruto se reduce a la mitad por cada 10°C en que disminuye la temperatura (Guerra, 1996)
- b. DESHIDRATACIÓN, las pérdidas de peso en los frutos incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha y significada una disminución de la calidad y aceptabilidad, estas pérdidas suelen ocasionar mermas superiores al 5% durante la comercialización, 7% en la conservación frigorífica durante tres meses y posterior comercialización (Jimenez - Cuesta, Martinez-Jávega, & Cuquerella, 1983)

Las condiciones de baja humedad provocan un incremento de la transpiración y por tanto una elevada perdida de agua, lo que acelera la senescencia del fruto y una marcada pérdida de calidad, tanto por la aparición de arrugas en la corteza como por el encogimiento y ablandamiento (Guerra, 1996)

Las pérdidas por deshidratación representan una cuantía importante, que en algunos casos pueden superar a las producidas por las podredumbres

- c. PÉRDIDA DE LA CALIDAD Y SENESCENCIA, en la pos cosecha, los frutos evolucionan hacia la senescencia con pérdida de calidad, ablandamiento, perdida de acidez, vitamina C y características organolépticas (sabor y comestibilidad). La velocidad de reacción de los procesos metabólicos, que llevan a la pérdida de calidad se duplica por cada 10°C de aumento de temperatura y en el tramo de 0 a 10 puede llegar incluso a sextuplicarse (Martinez - Jávera, Cuarquilla, Del Río, & Navarro, 1997)

- d. PODREDUMBRES, la aplicación del frío disminuye los riesgos de aparición y desarrollo de ciertos agentes causantes de alteraciones como bacterias, hongos y levaduras (Galán, 1999). Aunque es importante señalar que puede disminuir la acción de los microorganismos, pero no inhibe la germinación de esporas de los patógenos que contaminan a las frutas. Para reducir la incidencia de alteraciones patológicas que contaminan a las frutas. Para reducir la incidencia de alteraciones patológicas durante el almacenamiento frigorífico de deben tomar una serie de medidas higiénicas y profilácticas que van desde evitar al máximo las heridas y golpes en la recolección y transporte al almacén, pasando por una periódica limpieza y desinfección de las cajas de campo, línea de manipulación, almacén y cámaras frigoríficas y se completan con un tratamiento fungicida aplicado a la propia fruta (Tuset, 1999)

2.2.2. VARIABLES DE MANEJO EN LA FRIGOCONSERVACIÓN

Los factores que determinan el éxito del almacenamiento son la temperatura, humedad relativa y la composición de la atmósfera que rodea al fruto:

- a. TEMPERATURA, constituye una de las variables más importantes para la conservación de los productos hortofrutícolas. Siendo necesario el control de esta en los locales de almacenamiento, ya que a medida que disminuya la temperatura, se retarda la pérdida de calidad de los frutos. Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a las temperaturas mínimas que pueden aplicarse en la frigo conservación. Dentro de estas limitaciones se encuentra la temperatura de congelación de los productos hortofrutícolas. Los frutos y vegetales para el consumo en fresco, deben mantener activo el metabolismo y esto solo puede conseguirse en fase líquida, por lo que no pueden ser sometidos a temperaturas inferiores a las de congelación que oscilan entre 0 – 1.5 °C. la segunda

limitación es que algunos de los productos de origen tropical y subtropical, presentan sensibilidad a las bajas temperaturas que se manifiestan por diferente alteración y manchas en la piel, conocidas generalmente como lesión o daño por frío y que pueden causar alta pérdida de calidad comercial (Martínez - Jávera, Cuarquilla, Del Río, & Navarro, 1997)

- b. HUMEDAD RELATIVA, para evitar la deshidratación junto con el empleo de las temperaturas bajas se utilizan humedades relativas elevadas. La humedad relativa adecuada para un determinado producto dependerá de la relación superficie/volumen de este. A medida que esta relación es mayor, la transpiración también lo es. Un valor de la humedad relativa entre 85 – 95 % es lo aconsejable para lograr el objetivo de la conservación (Guerra, 1996)
- c. RENOVACIÓN Y CIRCULACIÓN DEL AIRE EN LAS CÁMARAS FRÍAS, son fundamentales para mantener en los niveles adecuados la concentración de O_2 y CO_2 . La renovación periódica de la atmósfera se justifica por la necesidad de eliminar los gases y volátiles indeseables que se producen, muchos de ellos derivados de la actividad metabólica de los frutos. La recirculación es necesaria para uniformar las condiciones deseadas en todos los puntos de las cámaras siendo necesario estibar y almacenar la carga para que el aire recircule por todos los alrededores de la unidad.
La velocidad de recirculación de aire mediante ventiladores debe permitir un movimiento por todos los alrededores de la unidad.
La velocidad de recirculación de aire mediante ventiladores debe permitir un movimiento débil y continuo dentro de la cámara, sin sobrepasar la velocidad entre pallets, permitiendo así una unificación de la atmósfera de la cámara y la eliminación de los productos volátiles que la fruta depende.

2.2.3. SINTOMATOLOGÍA DE LOS DAÑOS POR FRÍO

Uno de los principales problemas pos cosecha de frutas y vegetales de origen tropical y subtropical, es su alta sensibilidad a las bajas temperaturas, dando como resultado el desarrollo de síntomas de daños por frío (DF) (Ponce de Leon, 1997). Este fenómeno limita considerablemente la vida pos cosecha de los productos sensibles al frío, además un alto porcentaje de las pérdidas pos cosecha son ocasionadas por este desorden. Los síntomas del daño varían en función de la especie, tipo de tejido, su estado de madurez y metabolismo (activo o en dormancia) inmediatamente antes del tratamiento y por una gran diversidad de factores ambientales (Del Río, Martínez-Jávera, Navaro, Navaro, & Cuquerella, 1999)

En cítricos, los daños pueden mostrar diversas sintomatologías. El más común es el picado (pitting) en el que áreas discretas de la piel colapsan formando lesiones hundidas. Las mismas tienden a juntarse, siendo la demarcación entre las lesiones y el tejido epidérmico sano muy definida (Wardowski, Nagy, & Grierson, 1986)

2.3. VIDA ÚTIL

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales (Ellis, 1994) citado por Houngh, 2010. La finalización de la vida útil de alimentos puede deberse a que el consumo implique un riesgo para la salud del consumidor, o porque las propiedades sensoriales se han deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos (Warner, 1995) citado por Houngh, 2010. Este curso da los criterios necesarios de diseño de ensayos de vida útil y análisis de resultados que deben

emplearse para definir cuando un producto se ha tornado sensorialmente inaceptable.

Xiong & Hernandez, 2002, afirman que la vida útil está íntimamente relacionada con la calidad del alimento y de esto son concientes tanto los productores como los consumidores, por lo que la FDA (Food and Drug Administration) y la USDA exigen declarar la vida útil del producto indicando claramente la fecha de expiración en los empaques o container.

2.3.1. ECUACIÓN DE ARRHENIUS

La Cinética Química estudia la velocidad de las reacciones químicas. Ésta depende de diferentes factores entre los cuales se encuentra la temperatura (T). Muy frecuentemente, la velocidad de las reacciones químicas se puede expresar a través de una ecuación cinética similar a:

$$V = k(A)^n \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde: k es la constante cinética, A es el reactivo y n es el orden de reacción.

Ni la concentración de reactivo ni el orden de reacción dependen de la temperatura, por lo tanto concluimos que si la velocidad de reacción depende de la temperatura es porque la constante cinética “k” depende de la temperatura. Para muchas reacciones, esta dependencia de “k” respecto de la temperatura se puede expresar según una ecuación empírica, la ecuación de Arrhenius.

$$K = K_0 \frac{E_a}{RT} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\frac{dP}{dt} = k; \int_{P_o}^{P_f} dP = \int k dt; \frac{P_f - P_o}{k} = t \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

P = atributo

Pf = atributo final

Po = atributo inicial

K = velocidad

T = tiempo (Gomez, 2001)

2.3.2. FACTOR Q_{10} .

El valor Q_{10} es el factor de sensibilidad a las variaciones de temperatura, denota el incremento de la velocidad de una reacción. Dicho de otra forma, este valor establece cuántas veces aumenta la velocidad de una reacción si la temperatura del sistema es elevada en 10°C . El valor Q_{10} para la mayoría de las reacciones es de alrededor de 2 a 3, lo que indica que si se incrementa la temperatura de un sistema en 10°C , la velocidad de las reacciones químicas se duplica o triplica. (Anónimo, 2012)

2.4. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (Ramos, Bautista, & Barrera, 2010). Por otra parte una película comestible (PC) es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. Dichas soluciones formadoras de PC o RC pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Krochta, Balwin, & Nisperos, 1994). Al igual que los RC, las PC poseen propiedades mecánicas, generan efecto barrera frente al transporte de gases, y pueden adquirir diversas propiedades funcionales dependiendo de las características de las sustancias encapsuladas y formadoras de dichas matrices (Vásconez, Flores, Campos, Alvarado, & Gerschenson, 2009)

2.4.1. COMPONENTES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES Y APLICACIONES

Pastor, Vargas, & Gonzalez, (2005), Mencionan que los recubrimientos más comunes son aquellos que se aplican a las frutas para sustituir la cera natural que se ha eliminado durante el

lavado y cepillado de las mismas. Este tipo de recubrimientos están compuestos, en general, por mezclas de diferentes resinas o ceras, naturales o sintéticas, y se aplican a frutas enteras (críticos y manzanas, entre otros) para alargar su vida útil durante su almacenamiento. En cuanto a los recubrimientos comestibles el campo de aplicación se amplía enormemente ya que esta tecnología permite diseñar y formular productos que se adapten según la forma de aplicación (directamente en campo, durante la confección en almacén o en el envasado) y el tipo de producto al que vayan destinados (entero, troceado, mínimamente procesado). Así los RC dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación pueden agruparse en tres categorías

- Hidrocoloides: por lo general forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases (O_2 y CO_2), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua.
- Lípidos: formados por compuestos hidrofóbicos y no poliméricos con buenas propiedades barrera para la humedad, pero con poca capacidad para formar films. Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo y el sabor.
- Compósitos o compuestos: formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos que aprovechan las ventajas de cada grupo y disminuyen los inconvenientes. En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides, permeabilidad selectiva al O_2 y CO_2 , la duración del film y la buena cohesión estructural o integridad del film.

Además se pueden incorporar otros componentes que ayuden a mejorar las propiedades finales del film como plastificantes y/o faciliten su obtención como surfactantes y emulsionantes. Otra gama de ingredientes de los RC de gran interés son los antioxidantes, antimicrobianos, y reafirmantes de la textura con el fin de mejorar las

propiedades de las coberturas. Se ha demostrado que algunos aditivos actúan más efectivamente en alimentos cuando son aplicados formando parte del recubrimiento que cuando son aplicados en soluciones acuosas mediante dispersión o inmersión, ya que las coberturas pueden mantener los aditivos en la superficie del alimento durante más tiempo. (Baldwin, Nisperos, & Hagenmaler, 1996)

2.4.2. CONSERVANTES NATURALES

En la formulación de los RC se pueden incorporar productos naturales con actividad antimicrobiana procedentes de plantas, organismos marinos, insectos o microorganismos como alternativas viables al uso de los químicos de síntesis (Cowan, 1999), (Tripathi & Dubey, 2004). Algunos compuestos naturales con actividad antimicrobiana son:

a. Quitosano

Este polisacárido, normalmente obtenido de la quitina proveniente de crustáceos, se ha utilizado como RC (Jiang & Li, 2001), (Zhang & Quantick, 1998) para prolongar la vida útil y mejorar la calidad de frutas enteras y cortadas ya que presenta una permeabilidad selectiva frente a los gases, una ligera resistencia al vapor de agua, y propiedades antifúngicas y antibacterianas.

El quitosano ha sido utilizado en el control de la podredumbre azul en manzanas (Capdeville, De Wilson, Beer, & Aist, 2002). La efectividad del quitosano también ha sido probada en rodajas de mango (Chien, Sheu, & Yang, 2007) y en fresones, donde se observó la mejora de algunas propiedades físico-químicas del fruto, y la ralentizando de la senescencia y deterioro fúngico.

b. Mucílagos

Los mucílagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general ácidos urónicos. Se caracterizan por formar disoluciones coloidales viscosas:

- c. Geles en agua. Los mucílagos son constituyentes normales de las plantas y su uso en el recubrimiento de frutas cortadas no ha sido muy estudiado. De la planta de sábila se puede extraer un gel cristalino conocido como *Aloe vera* el cual está libre de aroma y sabor. (Serrano, Valverde, Guillen, Castillo, & Martin, 2006), emplearon un gel elaborado a partir de *Aloe vera* para el recubrimiento de uvas de mesa, observando una extensión de la vida útil de las frutas de hasta 35 días comparado con uvas sin recubrir. Además, dicho recubrimiento permitió retener la concentración de ácido ascórbico de las uvas. Por otra parte, (Martinez D. , y otros, 2006) estudiaron el efecto de un RC a base de *Aloe vera* aplicada en cerezas, obteniendo una disminución de los cambios en los diferentes parámetros responsables de la pérdida de calidad de la fruta, además de excelentes propiedades sensoriales en los recubrimientos.

Otro mucílago recientemente empleado en la elaboración de RC es el extraído de cactus. Este tipo de mucílago tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua, disolverse y dispersarse por sí mismo y formar soluciones viscosas (Domiguez, 1995). Así, Del Valle, Hernandez, Guarda, & Galotto, 2005 desarrollaron un recubrimiento comestible a partir de mucílagos de cactus (*O. ficus indica*) con el fin de extender la vida útil de fresas. Este recubrimiento no afectó la calidad sensorial de las frutas recubiertas, manteniendo además su color y firmeza original durante el almacenamiento.

d. Própolis o propóleos

El propóleo es una sustancia que obtienen las abejas de las yemas de los árboles y que luego procesan en la colmena, convirtiéndola en un potente antibiótico con el que cubren las paredes de la colmena, con el fin de combatir las bacterias y hongos que puedan afectarla. El propóleo tiene materias colorantes, los flavonoides, que son las más activas en la función antiséptica. Además de esta sustancia, contiene resinas y bálsamos (50%), cera de abeja (30%), aceites esenciales (10%), polen y diversos materiales minerales. También contiene provitamina A y vitaminas del grupo B, especialmente B3 (Moreira, 1986), (Walker & Crane, 1987), (Stangaciu, 1997) . Posee actividad antibiótica, antibacteriana y antifúngica y se ha demostrado su eficacia en la inhibición de diferentes patógenos postcosecha (Lima, De Curtis, Castoria, Pacifica, & De Cicco, 1998).

e. Aceites esenciales

Los aceites esenciales, resinas, extractos y especias son conocidos y utilizados desde la antigüedad en gran número de aplicaciones: perfumes, ambientadores, cosméticos y fármacos. Entre los siglos XVI y XVII se dan a conocer la mayor parte de los aceites esenciales de que se dispone en la actualidad. Con la llegada de la medicina moderna, la utilización de vacunas y antibióticos sustituyó a los antiguos remedios basados en aceites esenciales, aunque desde el siglo XIX su demanda creció hasta hacer necesaria la industrialización de la producción debido a su empleo masivo en perfumes y sabores para alimentación (Ortuño, 2006)

Los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas sintetizadas por las plantas que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, semillas y a ciertos extractos de origen animal. Son intensamente aromáticos, no grasos y volátiles. Los aceites naturales de un número

importante de especies vegetales por ejemplo de los géneros *Cytrus*, *Thimus*, *Salvia*, *Mentha*, *Rosmarinus*, *Abies*, *Pinus*, *Lavandula*, entre otros han sido evaluados por su capacidad antifúngica y algunos de los componentes terpénicos responsables de esta actividad han sido identificados, entre ellos destacan el carvacrol, el p-anisaldehído, la l-carvona, el eugenol o la d-limolina. La actividad antifúngica de los aceites esenciales está ampliamente documentada por distintos autores (Reuveni, Fleisher, & Putievsky, 1984); (Deans & Ritchie, 1987); (Alankararao, Baby, & Rajendra, 1991); (Baruah, Shama, Singh, & Ghosh, 1996).

2.4.3. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Según Bósquez, (2007), las principales propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles son:

- Reducir pérdida de peso.
- Reducir la pérdida de humedad.
- Reducir el transporte de dióxido de carbono y oxígeno
- Reducir el paso de aceites y grasas.
- Reducir el transporte de solutos.
- Mejorar el manejo de los alimentos.
- Mejorar las propiedades mecánicas.
- Retener los componentes volátiles.
- Contener aditivos.
- Se usa en alimentos heterogéneos como barrera entre los componentes.
- Aumentar el tiempo de vida útil.
- Conservar por más tiempo las propiedades organolépticas y nutricionales de los alimentos.
- Funcionar como antimicrobianos
- Evitar la oxidación de las grasas, vitaminas, sabores y colores.
- Suprimir la respiración aeróbica en frutas y verduras frescas.

2.5. SÁBILA (*Aloe vera*)

2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA SÁBILA

Las especies de Aloe son plantas herbáceas o leñosas, arbustivas a veces arborescentes, generalmente rizomatosas, con raíces tuberosas o con parte subterránea bulbosa (Ver Tabla 4 y Figura 7), en algunos casos con crecimiento secundario en grosor tipo anómalo. Algunas especies son solitarias, otras se agrupan en formación

Tabla 4: Descripción de la sábila (*Aloe vera*)

Partes	DESCRIPCIÓN
Raíz	Es de 4 a 10 cm de largo y de 4 a 5 cm de diámetro, formando un rizoma que puede ser dividido para propagar la planta. Cuando se corta el rizoma se da origen a una nueva planta. La rizosfera se concentra a una profundidad de 12 a 20 cm (Silva, y otros, 2010).
Tallo (A)	Es corto y grueso de 30 a 40 cm de longitud (Martinez, Badell, & Gonzalez, 1996), alrededor van creciendo hojas en forma de rosetón hasta alcanzar alturas aproximadas de 1 a 3 m dependiendo de la especie (Posso, 2002).
Hojas (B)	Están agrupadas hacia el extremo, son simples, triangulares, suculentas, con punta estrecha de 30 a 60 cm de largo, de 5 a 12 cm de base y de 0.8 a 3 cm de espesor. Los bordes de las hojas tienen dientes afilados, triangulares alrededor de 2 mm de largo presentando diferentes tonalidades de verde (Calzada & Pedroza, 2005), (Diaz & Avila, 2002), (Espinoza & Sanginez, 2003).
Flores (C)	Son de 2.5 a 3 cm de largo, agrupadas en racimos en un solo tallo vertical aproximadamente de 1 m de largo (Silva, y otros, 2010). Poseen una coloración amarillo-limón con líneas verde-manzana, colores que cambian amarillo-ocre a medida que transcurren los distintos estados de maduración (Eshun & He, 2004). Sus corolas

se componen de 6 pétalos, que forman la cubierta floral y se sueldan todas entre sí en un tubo. Están dispuestas en racimos que pueden ser verticales o colgantes. Los estambres salen fuera del cáliz, estos son 6, con largos filamentos que arrancan del fondo de la flor, debajo del pistilo (Posso, 2002).

Fruto y semilla	Es seco con una capsula oblonga de paredes dehiscentes (las anteras de la flor y pericarpio del fruto se abren para dar salida al polen y a las semillas híbridas (Posso, 2002). Sus semillas son elipsoidales y aplanadas (Eshun & He, 2004), no son fértiles, por lo que no se pueden usar para propagar la planta (Posso, 2002)
------------------------	--

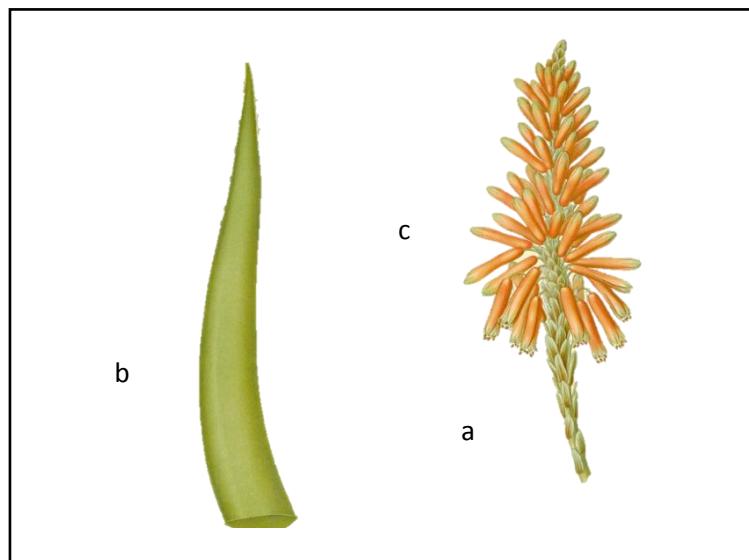


Figura 7: Planta de sábila “*Aloe vera*”

*Fuente: (Eshun & He, 2004)

2.5.2. TAXONOMÍA DE LA SÁBILA (*Aloe vera*)

Reino: Vegetal

Tipo: Fanerógama

Subtipo: Angiosperma

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Asparageale

Familia: Aloaceae

Género: Aloe

Nombre científico: *Aloe vera* L.

Nombre vulgar: Sábila

(Eshun & He, 2004)

2.5.3. BENEFICIOS DEL CONSUMO DE LA SÁBILA EN LA SALUD

Según Ramirez, Arizabal, & Restrepo (2013); la sábila brinda muchos beneficios en el campo de la medicina herbolaria humana, las cuales se detallan a continuación:

- Alergias, abscesos, adicciones (a drogas diversas), aftas, afonía, agotamiento, asma, ampollas, amigdalitis, acné, acidez de estómago, anemia, artritis, arteriosclerosis, anorexia.
- Bronquitis, bursitis, calambres musculares, calvicie, caspa, cataratas, celulitis, ciática, cirrosis, cólicos, colitis, contusiones, cortes, cistitis, carbunclo, cortes al afeitarse, catarros, congestión intestinal, cáncer, candida, comezones de todo tipo, congestión nasal.
- Dermatitis, diabetes, disentería, depresión, dolores de cabeza, dolores de muelas, dolores de estómago, disfunciones intestinales y estreñimiento.
- Gangrena, glaucoma, gota, gripe, hemorroides, hepatitis, herpes genital, herpes zoster, halitosis; heridas de todo tipo, hipertensión, hongos.
- Insuficiencia arterial, insomnio, ictericia, irritación bucal, indigestión, infecciones por levaduras, infecciones de la vejiga y de los riñones

2.5.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SÁBILA

Según Quezada, (2004) en la sábila se encuentran tres minerales muy importantes como, potasio, calcio y magnesio este último muy importante para el buen funcionamiento del cerebro.

Tabla 5. Composición química de la sábila.

NUTRIENTE	SÁBILA PURA (ppm)	AMINOÁCIDOS	SÁBILA PURA (ppm)
Calcio	458	Ácido aspártico	43.00
fosforo	20.1	Ácido glutámico	52.00
Cobre	0.11	Alanina	2.00
Hierro	1.18	Isoleucina	14.00
Magnesio	1.04	fenilalanina	14.00
Potasio	797	Treonina	31.00
Sodio	84.4	Prolina	14.00
		Valina	14.00
PROTEÍNA	0.1%	Leucina	20.00
		Histidina	18.00
		Serina	45.00
		Glicina	28.00
		Metionina	14.00
		Lisina	14.00
		Arginina	14.00
		Tirosina	14.00
		Triptófano	30.00

*Fuente: (Quezada, 2004)

2.5.5. PROPIEDADES GENERALES.DE LA SÁBILA

Almonacid, (2012), Menciona que el Aloe es una planta de gran interés medicinal, utilizada como tal desde hace más de 3000 años, existen alrededor de 300 especies de Aloe, se ha demostrado científicamente que son cuatro tipos los que presentan mayores propiedades medicinales: el *Aloe Barbadensis* Miller (la más utilizada en la medicina curativa y la más popular en el mundo entero llamada comúnmente *Aloe vera*), el *Aloe Perry* Baker, el *Aloe Ferox* y el *Aloe Arborescens*; de las hojas de la planta de Aloe vera se pueden obtener cuatros tipos de producto:

El exudado es un líquido amarillento denominado aloína que fluye por los nervios de las hojas, contiene componentes de carbono de tipo aromático, con anillos de benceno como compuesto fenólico y quinólicos, lo que facilita que se diluya fácilmente en el agua. Son sustancias con muchas propiedades, entre ellas, produce activación celular pero puede dañar los mecanismos celulares, tiene el poder antihelmíntico, antibacteriano y antifúngico, el exudado es laxante pero en exceso es irritante. El gel es el parénquima de la hoja especializado en reservar agua, para obtenerla se quita la capa de arriba y se extrae de abajo el gel, que es reforzante, revitalizante y no produce reacciones adversas como la aloína, sus efectos activadores celulares son suaves y fuerzan excesivamente a la célula, teniendo un efecto antiinflamatorio notable sobre los tejidos y una vez combatida la inflamación ayuda a conservar bien los tejidos dañados. El *Aloe vera* induce a la replicación celular allí donde hay posible respuesta vital, es un estimulante general del sistema inmunológico, con una acción fagocitaria marcada, fagocita células muertas y toxinas, por tanto desintoxica y limpia, especialmente útil en enfermedades crónicas; se piensa que la pequeña cantidad de aloína que queda en el gel es factor preponderante de los poderes curativos ya que ella en poca cantidad no es dañina más por el contrario es beneficiosa. (Quisintuña, 2014)

2.5.6. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA SÁBILA

Según Ramirez, Arizabal, & Restrepo (2013); en las hojas de la sábila hay una capa de gel gruesa y clara la cual es la fuente natural de alrededor de 75 sustancias que concuerdan con las necesidades del cuerpo humano para mantenerlo saludable y con vitalidad, estos son:

- Vitaminas – A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, E.
- Minerales como calcio para los huesos.
- Aminoácidos para la construcción de proteínas.
- Enzimas utilizadas en el sistema digestivo.
- Azúcares incluyendo algunos polisacáridos importantes para el mejoramiento del sistema inmunológico.
- Contiene también agentes anti-inflamatorios y anti-microbianos.

Esto le da la categoría de un alimento funcional promotor de la salud ya que contribuyen a prevenir ciertas enfermedades crónicas no transmisibles; reducen el riesgo de algún tipo de anomalías de carácter fisiológico y, en general contribuyen al buen estado de salud del individuo que le permite prolongar o mejorar su calidad de vida

2.5.7. SÁBILA COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

Castillo (2012); manifiesta que la parte más usada de la planta de la sábila es un gel mucilaginoso que se encuentra dentro de las pencas de éstas mismas y que tienen las propiedades de generar biofilms una vez que se secan. (Ramirez, Arizabal, & Restrepo, 2013), que cita a Vega et al., (2005), manifiesta que el gel de *Aloe vera* contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables, además de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante como las cromonas y las antroquinonas.

En la investigación realizada por Restrepo, 2009; se realizó un análisis de la microestructura de la emulsión por microscopia electrónica de barrido (SEM), con un microscopio marca JEOL referencia JSM 5910 LV bajo condiciones de vacío a 15 Pa, previo secado parcial de la muestra a temperatura ambiente 12 horas. Las micrografías fueron tomadas a 2000 X con el fin de determinar el tamaño medio de partícula grasa en la emulsión del RC. La Figura 8 presenta las micrografías a 2000 aumentos del RC en emulsión y un tamaño promedio de gotas de cera carnauba de 6.17 μm .

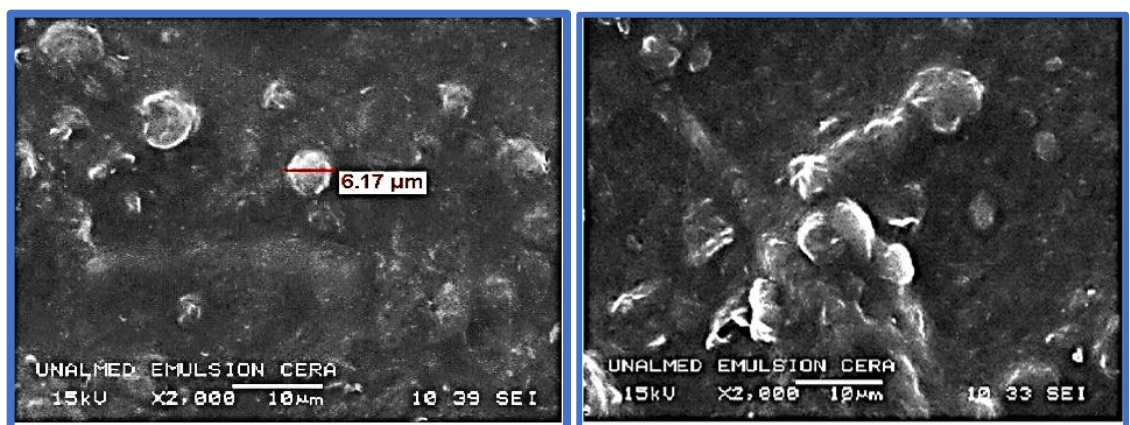


Figura 8: Micrografía del recubrimiento emulsión con cera de carnauba

*Fuente: (Restrepo, 2009)

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de Pos cosecha y Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicada en la región Puno a 3827 m.s.n.m..

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Carambola (*Averrhoa carambola* L.) proveniente de la ciudad de Arequipa abastecida del mercado Feria Sabatina. (ver Anexo 5)
- Pencas de sábila (*Aloe vera*) con origen en la ciudad del Cuzco proveniente del mercado Feria Sabatina. (ver Anexo 6)
- Glicerol proveniente de la tienda QUIMICA MULTIPLE de la ciudad de Lima.
- Cera de carnauba proveniente de la tienda QUIMICA MULTIPLE de la ciudad de Lima.
- Cepa de *Botrytis cinérea* obtenida en el laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA - Puno.
- Agar PDA: papa dextrosa agar proporcionado por el laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA - Puno.
- Agar OGY: Oxitetraciclina-glucosa-extracto de levadura proporcionado por el laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA - Puno.

3.3. REACTIVOS

- Hipoclorito de sodio (lejía comercial – 4% p/p).
- Fenolftaleína proporcionada por el laboratorio de poscosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA - Puno.

- Hidróxido de sodio proporcionado por el laboratorio de poscosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA -Puno.

3.4. EQUIPOS

Laboratorio Pos cosecha

- Balanza Analítica 0 – 200 gr.
- Colorímetro vol. s32.
- pH metro “portátil Metler Toledo”.
- Refractómetro digital 0 – 80 ° B “Atago”.
- Penetrómetro “Sundoo” de 4 y 15 Kg/cm².
- Compresor “Cambell Hausfeco”.
- Acidómetro, Bureta dornic
- Refrigerador 220 lt – SAMSUNG.
- Licuadora Oster BPST02, 1 velocidad.

Laboratorio de Microbiología Agroindustrial

- Incubadora de laboratorio CRAFT con convección de aire natural INA.
- Autoclave para laboratorio Uniclave 88.
- Microscopio monocular científico
- Estufa de secado UN750 Single Display
- Termómetro digital LCD N0591

3.5. MATERIALES DE LABORATORIO

- Cuchillos.
- Tabla para picar.
- Tijeras.
- Etiquetas o rótulos.
- Bandejas.
- Tapers redondos.
- Escobillas y/o esponjas.

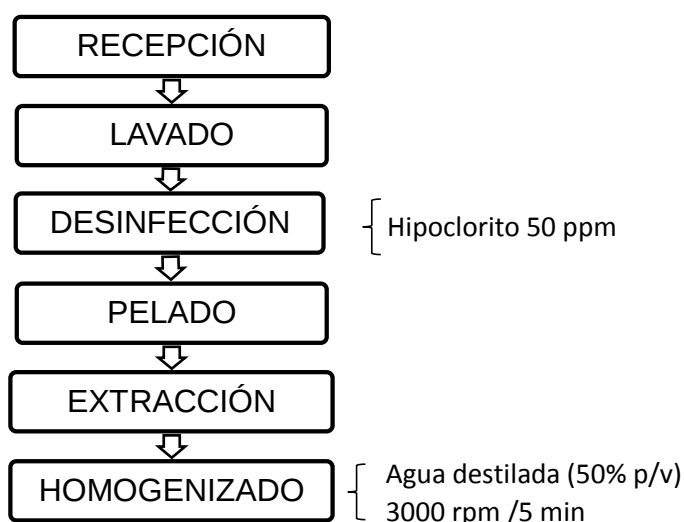
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.6.1. ETAPA PRELIMINAR

a. ELABORACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Para la elaborar y formular del recubrimiento comestible se utilizó la metodología propuesta por Restrepo (2009) que se muestra en la Figura 9.

Figura 9: Obtención de recubrimiento comestible a base de gel de



Sábila (*Aloe vera*).

*Fuente: Restrepo, 2009

DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES

RECEPCIÓN. En esta etapa se realizó una inspección visual para obtener pencas libres de abolladura y cicatrices.

LAVADO. Esta operación se realizó para eliminar suciedad, restos de tierra, contaminantes físicos y en reducir la carga microbiana mediante la utilización de agua.

DESINFECCIÓN. En esta operación se utilizó una mezcla de agua con hipoclorito de sodio a 50 ppm.

PELADO. En esta operación se retiró la cáscara de la penca de sábila.

EXTRACCIÓN. Se retiró con cuidado el gel de sábila con ayuda de un cuchillo.

HOMOGENIZADO. Se realizó la homogenización con agua destilada a 3000 rpm por 5 minutos.

Para la elaboración del segundo recubrimiento (MP) se calentó la cera de carnauba por encima de 82 °C y se homogenizo con los demás componentes en una licuadora durante 5 minutos.

Una vez preparados los dos recubrimientos comestibles se almacenaron en refrigeración a 5°C hasta el momento de su aplicación.

b. FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO:

La formulación del recubrimiento está basada en los resultados de la investigación realizada por Restrepo (2009); donde despues de hacer una serie de experimentos preliminares con distintas concentraciones desde 10 % hasta un 60 % de gel, los mejores resultados se obtuvieron a concetraciones entre 30 y 60 % de gel. Por lo tanto las concentraciones propuestas son: 35%, 45% y 55% de gel, se adiciono al recubrimiento glicerol para inferir mayor plasticidad y se realizó la formulación de tres recubrimientos con las mismas concentraciones con adicon de cera de carnauba, para el segundo objetivo, con la finalidad de obtener mayor permeabilidad. Acontinuacion se muestra la formulación utilizada en el experimento para ambos recubrimientos:

Formulación para la carambola entera:

- E1: 35% gel de sábila + 0.75% w/w de glicerol+ agua destilada
- E2: 45% gel de sábila + 0.75% w/w de glicerol+ agua destilada
- E3: 55% gel de sábila + 0.75% w/w de glicerol+ agua destilada

Formulación para la carambola mínimamente procesada:

- MP1: 35% gel de sábila + 1% w/w carnauba+ 0.75% w/w glicerol + agua destilada
- MP2: 45% gel de sábila + 1% w/w carnauba+ 0.75% w/w glicerol + agua destilada
- MP3: 55% gel de sábila + 1% w/w carnauba+ 0.75% w/w glicerol + agua destilada

c. AISLAMIENTO DEL MICROORGANISMO (A. O. A. C., 1984)

Para obtener las cepas de *Botrytis cinerea* (Agar PDA: papa dextrosa agar) se utilizó la metodología planteada por Mossel & Quevedo (1982) y Sepulveda & Alvarez (2004)

Para el aislamiento del hongo, se embadurnó algodón a una muestra de tomate afectada con *Botrytis cinerea* y demás microorganismos, con agar PDA y OGY, previa esterilización de los materiales y agares. Luego, se colocaron en la incubadora a 20 °C durante 5 días al cabo de ese periodo, se observó el crecimiento de colonia de diferentes entre las que encontramos *Botrytis cinérea*, *Penisillium*, *Aspergillus*. Para lograr tener solo la colonia de *Botrytis* se sembraron 4 veces previa identificación de la colonia. Al cabo de 15 a 20 días se observó en la placa la aparición de colonias algodonosas de color gris pardo, con micelios de color blanco inicialmente y luego de gris pardo a negro.

Para identificar las colonias de la *Botrytis cinérea* inicialmente se identificó la forma de la colonia la cual tiene forma de racimo de uvas y el color de la colonia gris pardo, en segunda instancia la formación de esclerodio de color negro en forma globulosa y alargada, el micelio conformado por hifas hialinas con conidióforos libres, ramificados en el extremo en varias prolongaciones, sobre las cuales se disponían en cabezuelas las conidias. (Monrroy, 2012)

3.6.2. PRIMER EXPERIMENTO

El primer experimento se utilizaron carambolas enteras se divide en dos etapas, en la primera optimiza las características fisicoquímicas y en la segunda etapa se observa el desarrollo de *Botrytis cinerea*, la metodología para cada una de estas se describen a continuación:

a. PRIMERA ETAPA: OPTIMIZACIÓN DEL ALMACENAMIENTO.

En esta primera etapa se encontraron las condiciones adecuadas de temperatura y recubrimiento (% de sábila) para mantener la calidad físico - química de la carambola entera.

El diseño experimental nos brinda las condiciones (valores de temperatura y recubrimiento) bajo las cuales realizamos el experimento, se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento para reducir la variabilidad (ver Tabla 6). Las variables respuesta para esta etapa son: índice de daños, peso, presencia de manchas, pardeamiento de aristas, color, firmeza, °Brix, pH y acidez, de las cuales se obtuvieron los valores óptimos en forma individual y grupal después de ser almacenadas durante 21 días. Los datos se obtuvieron de la siguiente manera:

ÍNDICE DE DAÑOS

Para el índice de daños se utilizó una escala hedónica para cada daño tomando en cuenta el rango de 0 a 4 para la valoración sensorial (0 es un índice nulo de daño y 4 es el índice de daño severo). Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

El síntoma de daño* (SD) se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{índice de cada SD} = \frac{\text{nivel de daño} * \text{\#de frutas en el nivel de daño}}{\text{\#total de frutas evaluadas}}$$

Ecuación 4

Se calculó el índice de daño (ID) mediante la siguiente ecuación:

$$ID = \frac{\sum \text{índice de cada sintoma de daño}}{2}$$

Ecuación 5

(López, 2012)

*Los daños que se consideraron son dos la presencia de manchas y el pardeamiento de aristas.

PESO

Se determinó el peso con una balanza analítica 0 – 200 gr. (A. O. A. C., 1984). El %PP se determinó por gravimetría mediante la ecuación 7, citada en la segunda etapa.

FIRMEZA

Se determinó utilizando el analizador de textura Penetrometro “Brookfield”, los resultados se expresan en Kg/cm². (A. O. A. C., 1984)

COLOR

Se obtuvo con la ayuda de un colorímetro vol.s 32, tomando el valor H° (Hue) tonalidad. (A. O. A. C., 1984)

PH

Se obtuvieron los datos del pH con un potenciómetro “portátil Metler Toledo”. (A. O. A. C., 1984)

BRIX

Se determinaron con un refractómetro digital Refractómetro 0 – 80 ° B “Atago”. (A. O. A. C., 1984)

ACIDEZ

Fue cuantificado por volumetría, titulando el sobrenadante con NaOH 0,1N y fenoltaleína (1% como indicador, los resultados se expresaron como % de ácido cítrico. (A. O. A. C., 1984)

$$\text{Acidez titulable}(\% \text{ac. cítrico}) = \frac{V * N * meq}{V_a} \times 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

V: Volumen de solución de NaOH usada para titular.

N: Normalidad de la solución de NaOH usada para titular.

Meq: Miliequivalente (ácido cítrico= 0.064).

Va: Volumen de la muestra.

b. SEGUNDA ETAPA: OBSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA

En esta etapa se evaluó el desarrollo de *Botrytis cinérea* a tres temperaturas: T1: 15 °C, T2: 20 °C y T3: 25 °C (Latorre, Rioja, & Lillo, 2002) en carambola entera tratada con recubrimiento: E1: 35 %, E2: 45 %, E3: 55 % de gel de sábila, para lo cual se utilizó 36 carambolas enteras que fueron seleccionadas en 3 grupos de 12 unidades y estas en 3 subgrupos de 4 unidades para ser tratadas con los tres recubrimientos y un control por grupo, cada grupo de 12 unidades fue almacenadas a las temperaturas mencionadas.

ANÁLISIS CUALITATIVO SENSORIAL

Se realizó una inspección cualitativa sensorial (visual) cada cuatro días durante dieciséis días, utilizando una escala de 0 – 4 (ver anexo 1 – Análisis Microbiológico), siendo 0 la ausencia total y 4 la presencia abundante (muestras cubiertas) de *Botrytis cinerea*. (Anzaldúa - Morales, 2005)

La Figura 10 muestra la metodología que se utilizó en el primer experimento, detallando cada etapa.

DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES (Figura 10 Y 11)

RECEPCIÓN. Se realizó una inspección visual para obtener pencas libres de abolladura y cicatrices.

LAVADO. Se realizó para eliminar suciedad, restos de tierra, contaminantes físicos y en reducir la carga microbiana mediante la utilización de agua.

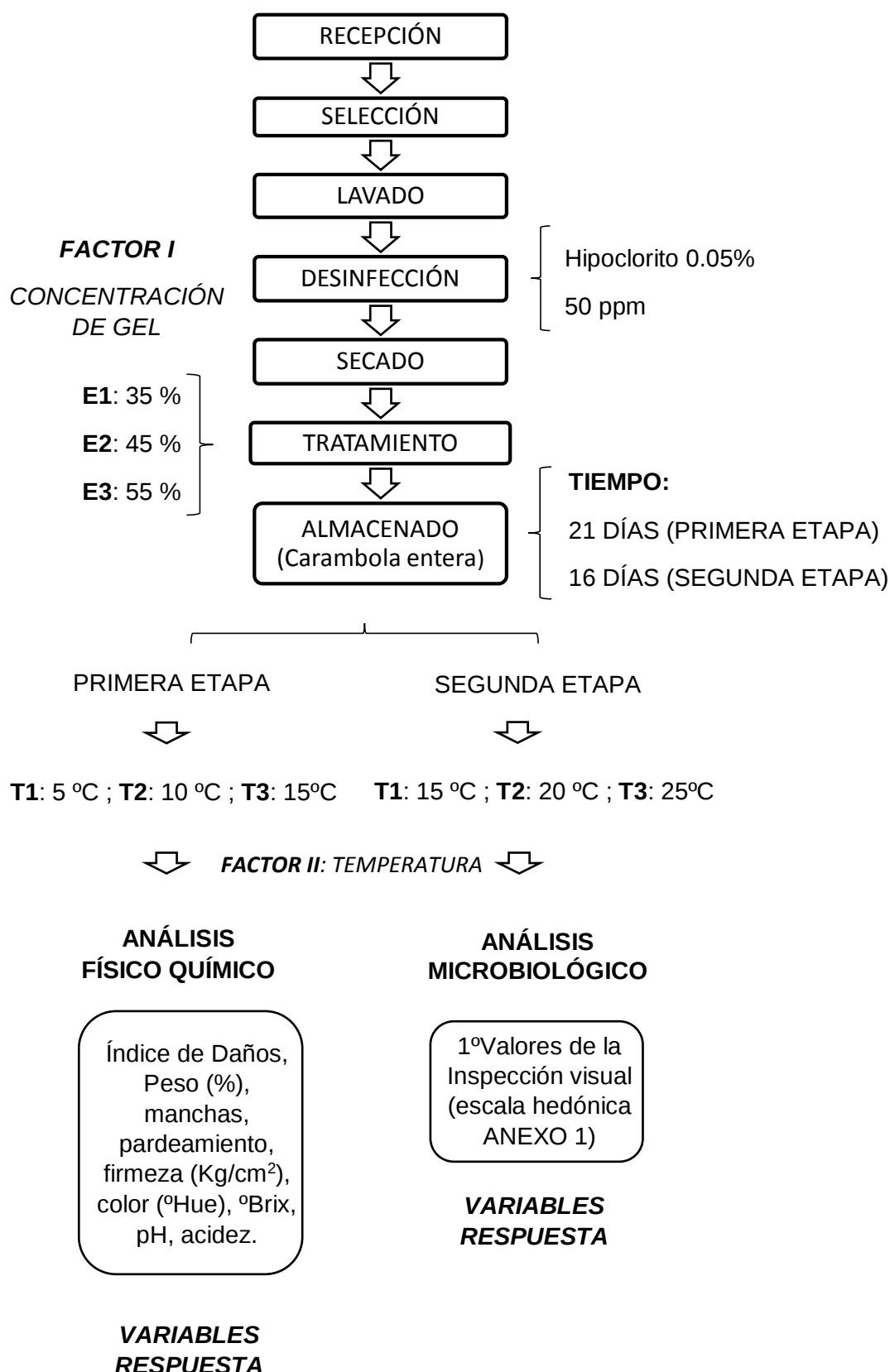
DESINFECCIÓN. Se utilizó una mezcla de agua con hipoclorito de sodio a 50 ppm.

SECADO. Se sometieron las muestras al aire forzado frío, para eliminar el exceso de agua en las muestras

TRATAMIENTO. Las muestras se sometieron a inmersión de los recubrimientos.

ALMACENADO. Las muestras se almacenaron a diferentes temperaturas.

Figura 10: Metodología para el primer experimento (CARAMBOLA ENTERA)



3.6.3. SEGUNDO EXPERIMENTO: CINÉTICA DE DETERIORO

Se determinó la cinética de deterioro de la carambola mininamente procesada, utilizando quince carambolas enteras previamente conservadas en una estufa a 16 ± 2 °C durante cinco días, las carambolas fueron trozadas (grosor aproximado de cinco milímetros), eligiendo treintaseis rodajas, se separaron en tres grupos de doce rodajas a la vez divididas en tres subgrupos de cuatro rodajas cada uno, las rodajas fueron tratadas con los recubrimientos: MP1: 35%, MP2: 45%, MP3: 55% y una muestra control (0%), cada grupo de doce rodajas se conservaron a temperaturas de: T1: 5 °C, T2: 15 °C (aprox), T3: 25 °C. Se evaluó el comportamiento de los atributos físicos, indicador: pérdida de peso, atributos químicos, indicadores: pH, °Brix, acidez y atributos sensoriales, indicadores: color, textura, sabor, aroma.

a. ATRIBUTOS FÍSICOS

INDICADOR: PESO

Se determinó el peso con una balanza analítica 0 – 200 g. (A. O. A. C., 1984)

La pérdida de peso (%PP) se determinó por gravimetría mediante la diferencia de pesos tomando como base el peso inicial (P_i) menos el peso del fruto al final (P_f) del almacenamiento y expresando los resultados como porcentaje de pérdida de peso (%) mediante la siguiente ecuación:

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

P_i : peso inicial

P_f : peso final

b. ATRIBUTOS QUÍMICOS

INDICADORES: °Brix, pH, acidez.

Se evaluó el comportamiento de los indicadores durante el almacenamiento de carambola entera tratada con los recubrimientos., se utilizó la ecuación de Arrhenius.

pH

Se midió con un potenciómetro “portátil Metler Toledo”. (A. O. A. C., 1984)

SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)

Se determinó con un refractómetro 0 – 80 ° B “Atago”. (A. O. A. C., 1984)

ACIDEZ

Se cuantificó por volumetría, titulando el sobrenadante con NaOH 0,1N y fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como % de ácido cítrico. (A. O. A. C., 1984) para realizar los cálculos respectivos se utilizó la Ecuación 6 citada en el primer experimento.

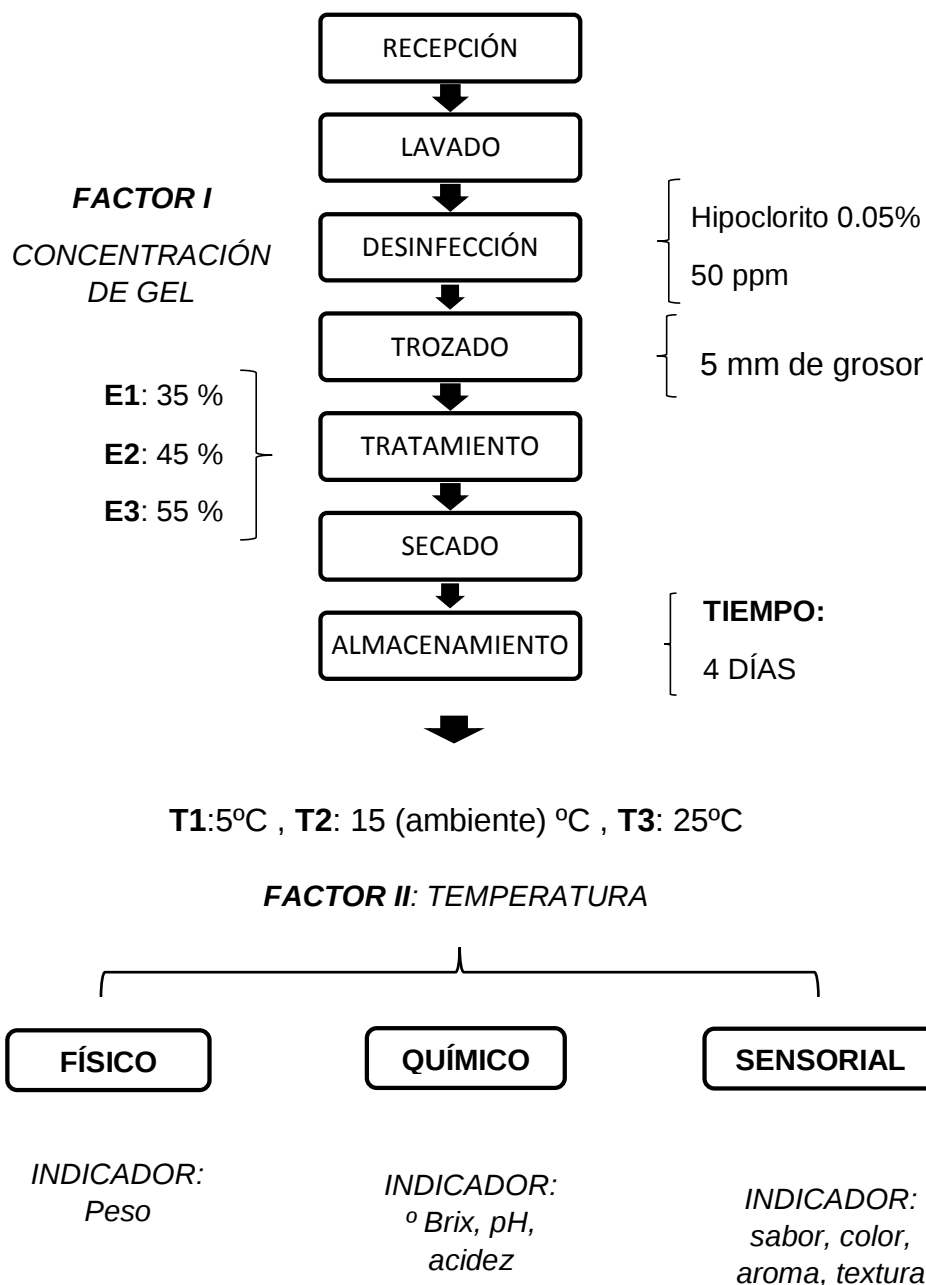
c. ATRIBUTOS SENSORIALES

INDICADORES: SABOR, COLOR, TEXTURA Y AROMA

La valoración de los indicadores se realizó con un análisis sensorial descriptivo por medio de una escala hedónica con un rango de 0 – 4 (0: es el valor mínimo y 4: el valor máximo), se utilizó un panel de veinte jueces no calificados a los cuales se les proporcionó una encuesta (Ver Anexo 3), para conocer si la adición del recubrimiento modifica los indicadores mencionados. (Anzaldúa - Morales, 2005)

La Figura 11 muestra la metodología que se utilizó en el segundo experimento, basada en la planteada por Andrade & Moreno, (2010).

Figura 11: Metodología para el segundo experimento.
(CARAMBOLA MÍNIMAMENTE PROCESADA)



*En el Anexo 4 se muestran los experimentos en forma más ilustrativa.

3.6.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental diferente para cada experimento, en la primera etapa del primer experimento, los datos se procesaron con el paquete estadístico STATIDISTICA Centurión XVI.I., se utilizó el diseño de superficie de respuesta con ajuste central compuesto (Ibañez, 2009), dado que tenemos dos variables cualitativas, se consideró cuatro puntos centrales, y el valor del punto axial es $\infty = 1.414$, para evaluar la rotación del diseño. Las coordenadas en los ejes codificados X_1 y X_2 para el diseño central compuesto de dos factores se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Decodificación de datos del diseño superficie de respuesta con ajuste DCC - almacenamiento de carambola

Trat	X_1	X_2	Temperatura	Recubrimiento	Y (variable respuesta)
Trat 1	-1	-1	6.46	8.05	
Trat 2	1	-1	13.54	8.05	
Trat 3	-1	1	6.46	46.95	
Trat 4	1	1	13.54	46.95	
Trat 5	$-\infty$	0	5	27.5	
Trat 6	$+\infty$	0	15	27.5	
Trat 7	0	$-\infty$	10	0	
Trat 8	0	$+\infty$	10	55	
Trat9	0	0	10	27.5	
Trat 10	0	0	10	27.5	
Trat 11	0	0	10	27.5	
Trat 12	0	0	10	27.5	

* Los datos obtenidos durante los 21 días de almacenamiento fueron promediados para tener mayor precisión.

En la segunda etapa del primer los datos fueron procesados con el paquete estadístico STATGRAPHIC Centurión XVI.I., se realizó un ANVA y una prueba de tukey con un nivel de confianza de $\alpha=0.05$.

En el segundo experimento los datos fueron procesados con el paquete estadístico STATGRAPHIC Centurión XVI.I., se utilizó el Diseño Completamente al azar (DCA) y prueba de Duncan con un nivel de confianza de $\alpha=0.05$.

IV. RESULTADOS

4.1. PRIMER EXPERIMENTO: ALMACENAMIENTO DE CARAMBOLA ENTERA

4.1.1. PRIMERA ETAPA: OPTIMIZACION DE CONDICIONES PARA OBTENER CALIDAD FISICOQUÍMICA DE CARAMBOLA ENTERA

En la primera etapa se utilizó el diseño de superficie de respuesta con ajuste central compuesto para optimizar los valores de temperatura y concentración de sábila durante el almacenamiento de carambola, bajo las condiciones óptimas se determinaron los valores deseados de las variables respuesta: peso, firmeza, color, índice de daños, pardeamiento de aristas, pH, °Brix y acidez; es importante resaltar que este experimento requiere doce unidades experimentales (replicas) lo cual constituye una ventaja al momento de costear el experimento. Los resultados se presentan a continuación:

ÍNDICE DE DAÑOS

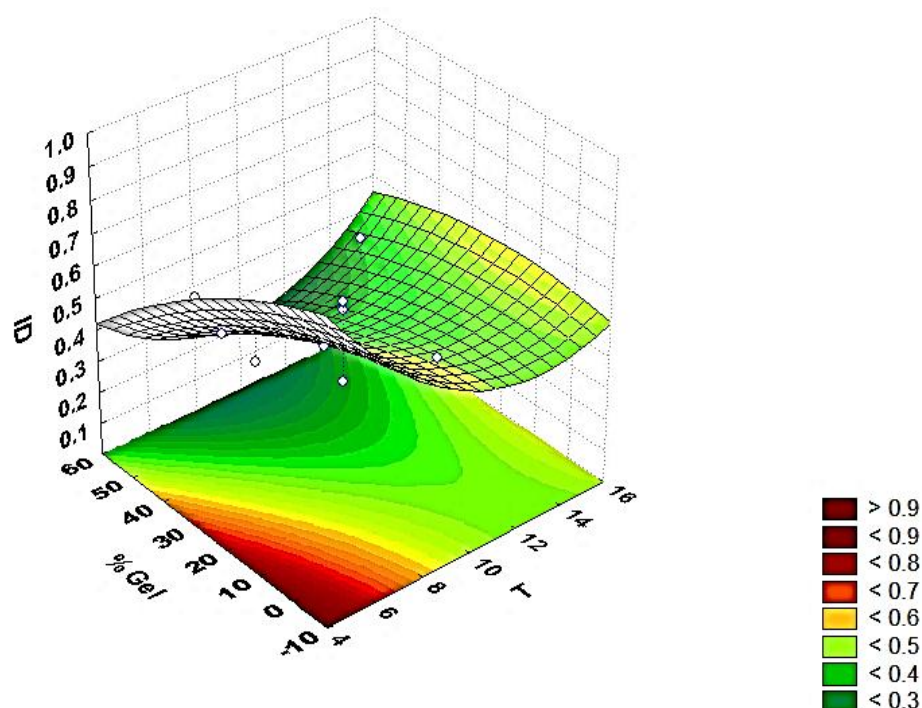
Los resultados de la Tabla 7, corresponden al análisis cuantitativo del experimento con los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que ninguno de los factores afecta significativamente. Además, el valor R^2 ajustado = 61.284% nos indica que el modelo ajustado explica el 61.3% de la variabilidad del peso, lo que en pocas palabras significa un ajuste adecuado, no obstante el valor de este R^2 ajustado aumentará (muy probablemente) si se controlan factores como la humedad relativa, el estado de madurez y los daños mecánicos durante la recolección.

Tabla 7: ANVA del índice de daños

Factor	SS	Df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	0.0247	1	0.0247	1.9131	0.2605	N.S.
T (Q)	0.036	1	0.036	2.7917	0.1933	N.S.
% Gel (L)	0.0583	1	0.0583	4.5203	0.1234	N.S.
% Gel (Q)	0.0022	1	0.0022	0.1748	0.7039	N.S.
T y % Gel	0.0056	1	0.0056	0.4354		
Error	0.0448	3	0.0149			
Total SS	0.216	8				

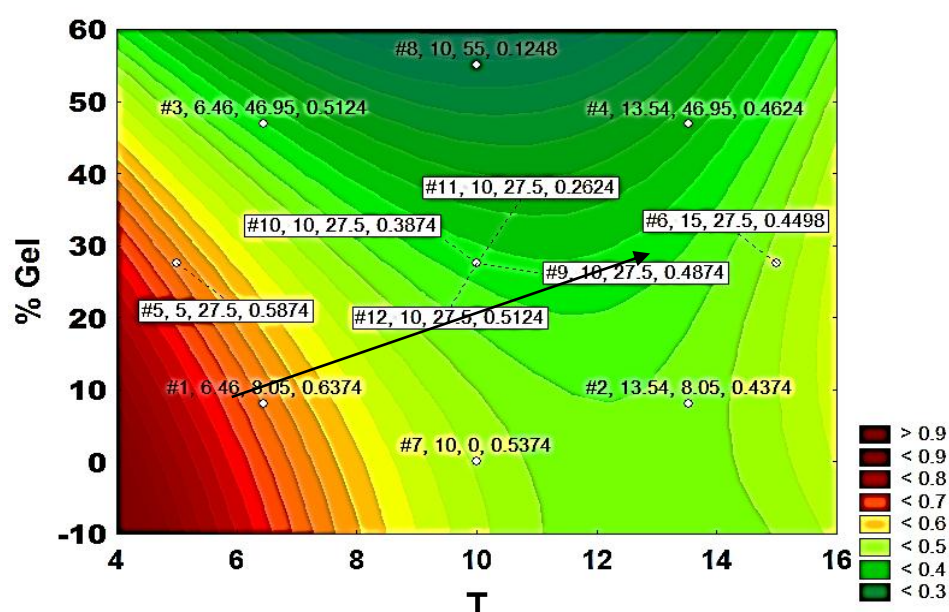
La Figura 12 modela la superficie de respuesta donde podemos observar que el comportamiento del índice de daños está representado por una Silla de montar o mínimax, esto quiere decir que el valor del índice de daños aumenta o disminuye a partir del centro de la superficie, según la dirección tomada en la Figura 13 (gráfico de contorno) que traduce que si el recubrimiento tiene 55% de sábila y 10 °C se controla el índice de daños (ID=0.1248), sin embargo a 8.05% de sábila y 6.46 °C el índice de daños aumenta (ID=0.6374) esto nos muestra el alto contenido de sábila en el recubrimiento controla el índice de daños, resultados similares obtuvo López (2012) quien utilizó recubrimientos comestibles comerciales durante el almacenamiento de carambola a 5 °C durante 28 días, las muestras control a los 14 días perdiendo su vida útil y presentan un ID=3, mientras que las muestras tratadas con recubrimiento pierden su vida útil a los 21 días con un ID=2.8, por otra parte Ramirez (2012) utilizó un recubrimiento de sábila aumentando la vida útil y retrasó los procesos fisiológicos de la mora almacenada en refrigeración, así similar el reporte de Restrepo (2009) que aplicó un recubrimiento de sábila en fresas retardando el deterioro del alimento esto demuestra que la sensibilidad que presenta la carambola puede ser controlada con el recubrimiento de sábila, durante el almacenamiento.

Figura 12: Superficie de respuesta para el índice de daños:



$$ID = 1.40256 - 1.5070 * T + 0.00600 * T^2 - 0.00710 * \%Gel - 0.00004 * \%Gel^2 + 0.00054 * T * \%Gel$$

Figura 13: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el índice de daños



PARDEAMIENTO DE ARISTAS

El pardeamiento de las aristas de se evaluó visualmente con la siguiente escala: 0 = 0% sin pardeamiento; 1 = 0 – 10% pardeamiento ligero; 2 = 10 – 20% pardeamineto moderado; 3 = 20 - 30 % y 4 = >30% pardeamiento intenso.

Los resultados de la Tabla 8, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que ninguno de los factores tiene un efecto significativo. Además, el valor R^2 ajustado = 62.51 % nos indica que el modelo ajustado explica el 62.5 % de la variabilidad del pardeamiento de aristas, lo que en pocas palabras significa un ajuste aceptable

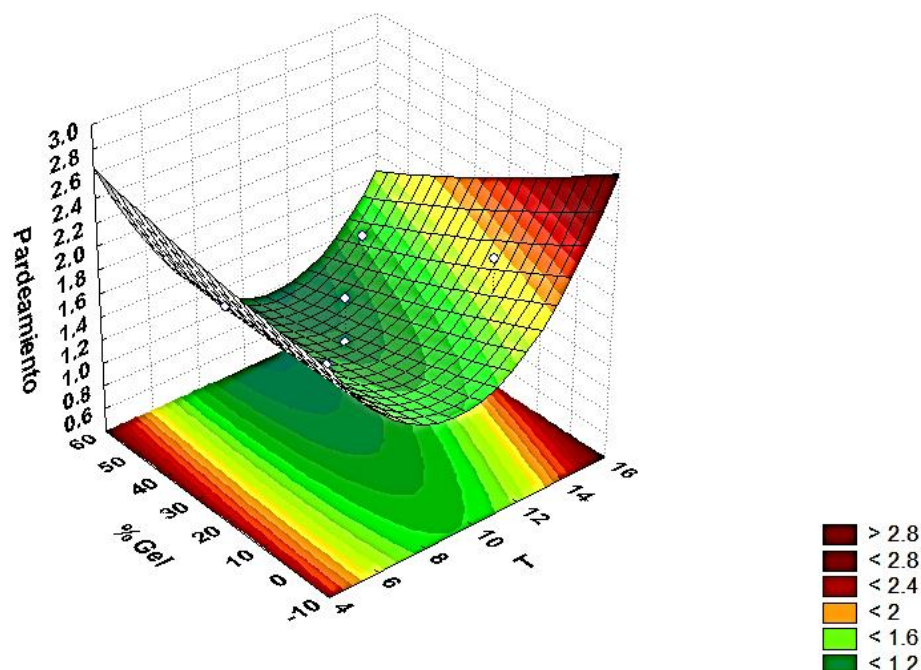
Tabla 8: ANVA del pardeamiento de aristas

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	0.0624	1	0.0624	0.4842	0.5365	N.S.
T (Q)	0.9781	1	0.9781	7.5879	0.071	N.S.
% Gel (L)	0.091	1	0.091	0.7065	0.4623	N.S.
% Gel (Q)	0.0015	1	0.0015	0.0119	0.9199	N.S.
T y % Gel	0.0625	1	0.0625	0.4848	0.5363	N.S.
Error	0.3867	3	0.1289			
Total SS	1.9518	8				

Observando la Firgura 14 el fenómeno estudiando está representado por un valle esto quiere decir que el pardeamiento de aristas presenta un mínimo valor, según la Figura 15 a 10 °C con un recubrimiento de 55% de sábila el pardeamiento tiene el menor valor (0.875) y con 10°C con un recubrimiento de 27.5% de sábila el pardeamiento llega a su mayor valor (1.75), podemos afirmar que el pardeamiento se retarda con un recubrimiento con mayor contenido de sábila y temperatura de refrigeración (10°C). Restrepo (2009) y Ramirez (2012) retardaron el desarrollo de procesos fisiológicos:

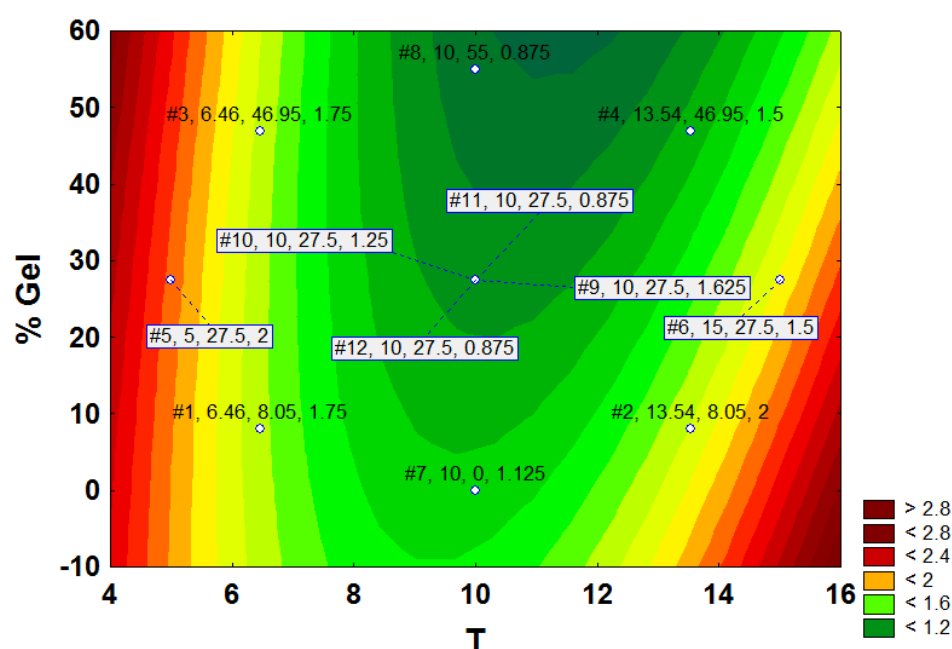
como índice de daños, presencia de manchas y pardeamiento, al aplicar un recubrimiento de sábila en fresas y moras respectivamente.

Figura 14: Superficie de respuesta para el pardeamiento de aristas



$$\text{Pardeamiento} = 4.21371 - 60013 \cdot T + 0.03125 \cdot T^2 + 0.01041 \cdot \% \text{Gel} + 0.000041 \cdot \% \text{Gel}^2 - 0.00181 \cdot T \cdot \% \text{Gel}$$

Figura 15: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el pardeamiento de aristas



MANCHAS

Para la evolución de las manchas durante el experimento se consideró una escala: de 0 – 4; 0 = 0% no hay manchas; 1 = 0 – 10% desarrollo ligero; 2 = 10 – 20% desarrollo moderado; 3 = 20 – 30 % y 4 = >30% desarrollo intenso.

Los resultados de la Tabla 9, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que la temperatura tiene un efecto significativo con respecto a la variable manchas. Además, el valor R^2 ajustado = 91.173 % nos indica que el modelo ajustado explica el 91.2% de la variabilidad de las manchas, lo que en pocas palabras significa un ajuste aceptable.

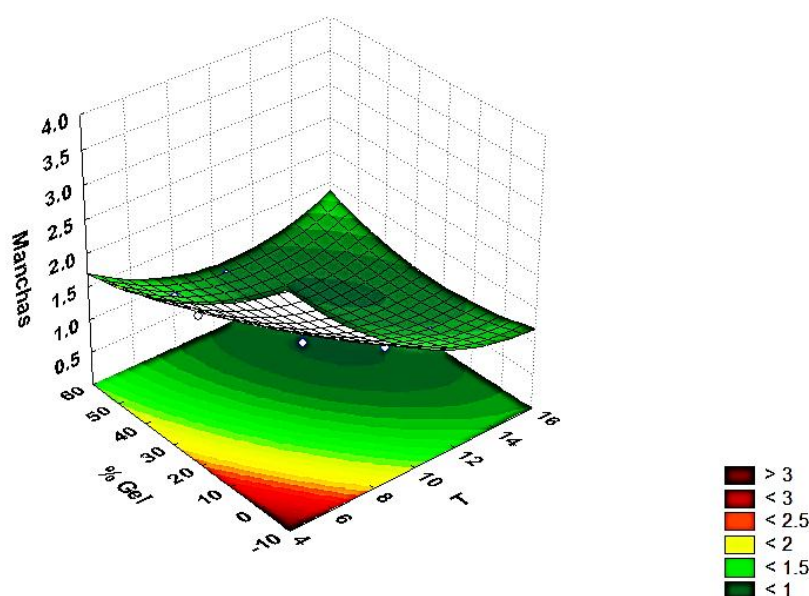
Tabla 9: ANVA de la presencia de manchas.

Factor	SS	df	MS	F	Sig. (p)	Sig.
T (L)	1.0243	1	1.0243	21.8531	0.0184	**
T (Q)	0.2249	1	0.2249	4.7996	0.1161	N.S.
% Gel (L)	0.3128	1	0.3128	6.675	0.0815	N.S.
% Gel (Q)	0.0561	1	0.0561	1.1972	0.3538	N.S.
T y % Gel	0.0976	1	0.0976	2.0833	0.2446	N.S.
Error	0.0221	3	0.0468			
Total SS	1.8437	8				

Observando la superficie de respuesta (Figura 16) el fenómeno estudiando está representado por un valle esto quiere decir que la presencia de manchas presenta un mínimo valor (Figura 17) esto traduce que la presencia de manchas es menor (0.75) a 10 °C y 27.5 % de sábila en el recubrimiento, y se aumenta (2.125) con 6.46 °C y 8.05% de sábila en el recubrimiento, viendo que cuando existe mayor contenido de sábila en el recubrimiento y temperatura de refrigeración (10°C) de la carambola se retarda la presencia de manchas López (2012) afirma que la aplicación de recubrimientos comestibles retarda la aparición de síntomas de daño en carambola, Restrepo (2009) y

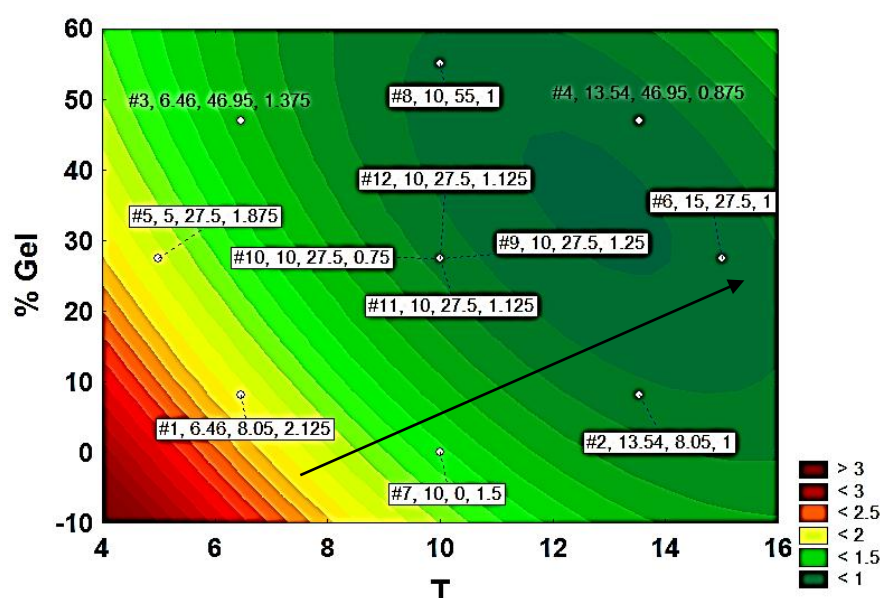
Ramirez (2012) retardaron el desarrollo de procesos fisiológicos (en el caso de la investigación índice de daños, presencia de manchas y pardeamiento) al aplicar un recubrimiento de sábila en fresas y moras respectivamente. Por lo anteriormente mencionado se afirma que la aplicación del recubrimiento de sábila retarda la presencia de manchas en la carambola durante el almacenamiento.

Figura 16: Superficie de respuesta para la presencia de manchas:



$$\text{Manchas} = 4.66388 - 0.46334 * T + 0.01498 * T^2 - 0.046478 * \% \text{ Gel} + 0.00024 * \% \text{ Gel}^2 + 0.00226 * T * \% \text{ Gel}.$$

Figura 17: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para las manchas



PESO

Los resultados de la Tabla 10, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que ninguno de los factores afecta significativamente. Además, el valor R^2 ajustado = 30.295% nos indica que el modelo ajustado explica el 30.3% de la variabilidad del peso, lo que en pocas palabras significa un ajuste inadecuado, no obstante el valor de este R^2 ajustado aumentará (muy probablemente) si se controlan factores como la humedad relativa, el estado de madurez y los daños mecánicos durante la recolección.

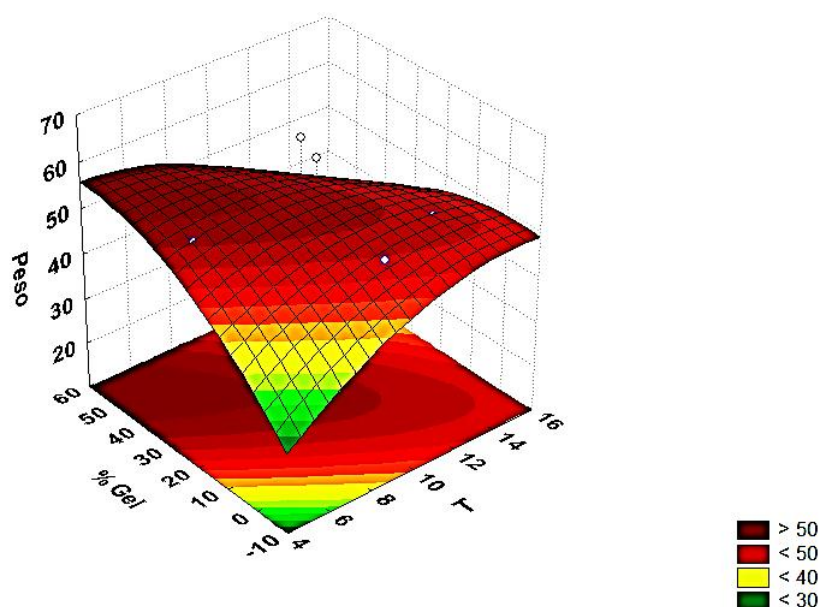
Tabla 10: ANVA del Peso.

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	21.2068	1	21.2067	0.3947	0.5529	N.S.
T (Q)	31.2712	1	31.2711	0.582	0.4744	N.S.
% Gel (L)	1.3394	1	1.3394	0.0249	0.8797	N.S.
% Gel (Q)	30.7327	1	30.7327	0.572	0.478	N.S.
T y % Gel	65.8634	1	65.8633	1.22258	0.3106	N.S.
Error	322.3710	6	53.7285			
Total SS	462.4820	11				

La superficie de respuesta para el peso (Figura 18) muestra que el fenómeno estudiando está representado por una cresta ascendente esto quiere decir que la respuesta presenta un máximo valor pero este se encuentra fuera de la actual región experimental; es decir, se puede inferir que la verdadera superficie es una montaña pero no observamos su pico sino un costado, esto traduce que existe gran variabilidad en los datos de peso por tanto para determinar los valores óptimos de peso se deben controlar otros factores como la humedad relativa, estado de madurez entre otros, La Figura 19 muestra que el menor %PP (%PP= 41.856) se da a condiciones de 6.46 °C y recubrimiento de 8.05% de sábila y el mayor %PP (%PP=66.646) a 10

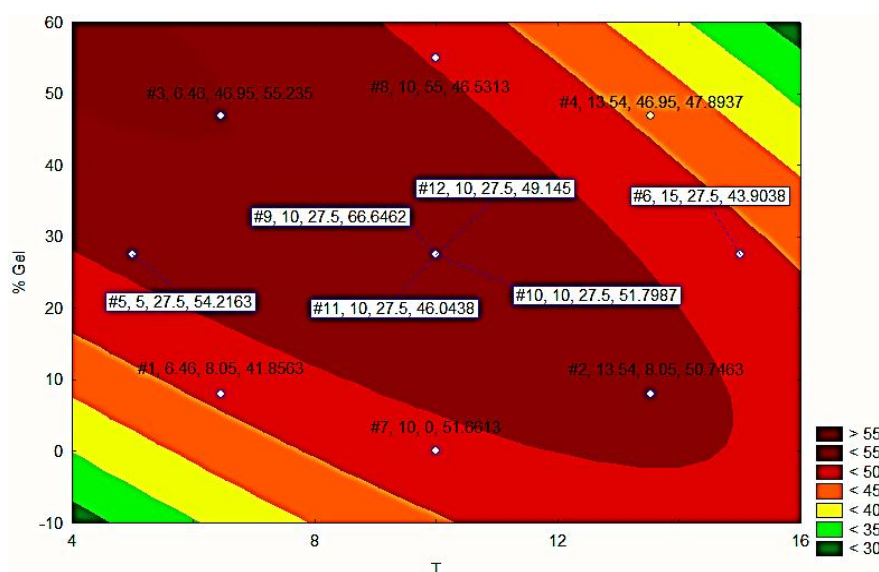
°C y recubrimiento de 27.5% de sábila, por tanto cuando existe mayor contenido de sábila en el recubrimiento y temperatura de refrigeración (10°C) el %PP aumenta, esto debido a que no se controló la humedad relativa. López (2012) reporta que la aplicación de recubrimientos comestibles en carambola favorecen a la reducción de pérdida de peso, Restrepo (2009) afirma que el recubrimiento de sábila con temperatura de 5°C reduce la pérdida de peso en fresas. En ambos casos se controló la humedad relativa por tanto se debe considerar como factor determinante para controlar la pérdida de peso durante el almacenamiento en investigaciones posteriores. En tanto el %PP es controlable mediante la aplicación del recubrimiento de sábila siempre y cuando se controle la humedad relativa del ambiente de almacenamiento.

Figura 18: Superficie de respuesta para el peso



$$\text{Peso} = 19.17147 + 4.69489 \cdot T - 1.7672 \cdot T^2 + 9.2904 \cdot \% \text{Gel} - 0.00579 \cdot \% \text{Gel}^2 - 0.05893 \cdot T \cdot \% \text{Gel}$$

Figura 19: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el peso



FIRMEZA

Para determinar la firmeza se utilizó un analizador de textura: penetrometro con un punzón cilíndrico plano de 10 mm, el punzón fue introducido en la punta final de la muestra donde mantiene mayor dureza durante su maduración.

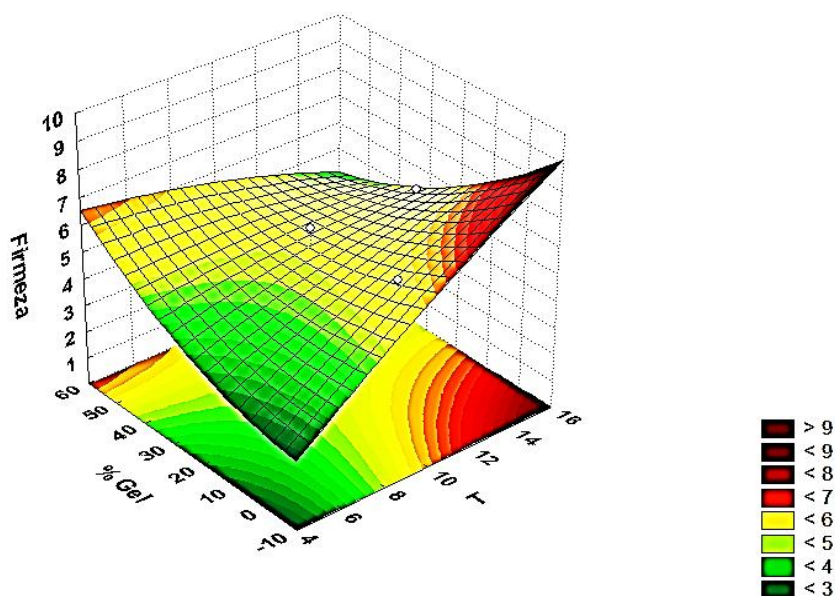
Los resultados de la Tabla 11, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que ninguno de los factores afecta significativamente. Además, el valor R^2 ajustado = 64.861 % nos indica que el modelo ajustado explica el 64.9% de la variabilidad de la firmeza.

Tabla 11: ANVA de la Firmeza

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	2.1129	1	2.1129	3.3708	0.1636	N.S.
T (Q)	0.065	1	0.065	0.1037	0.7685	N.S.
% Gel (L)	0.528	1	0.0528	0.0842	0.7905	N.S.
% Gel (Q)	0.3886	1	0.3886	0.6201	0.4884	N.S.
T y % Gel	2.1664	1	2.1664	3.4561	0.1599	N.S.
Error	1.8804	3	0.6268			
Total SS	7.5092	8				

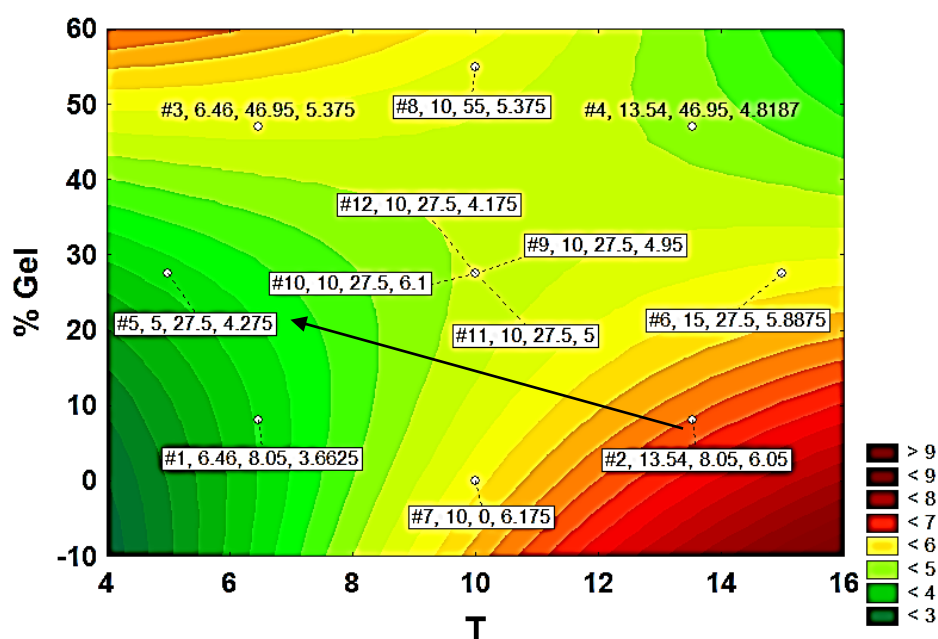
Observando la superficie de respuesta (Figura 20) el fenómeno estudiando está representado por una Silla de montar o mínimax, esto quiere decir que el valor de la firmeza aumenta o disminuye a partir del centro de la superficie, según la dirección tomada en el gráfico de contorno (Figura 21). El Figura 21 nos traduce que a 6.46 °C y 8.05 % de sábila existe mayor pérdida de firmeza (Firmeza = 3.6625 Kg/cm²), sin embargo las muestras presentan menor pérdida de firmeza (Firmeza = 6.175 Kg/cm²) a 10 °C sin recubrimiento, entonces la aplicación de recubrimiento con mayor contenido de sábila aporta a la firmeza en la carambola almacenada a menores temperaturas (ver tratamiento 3 y 5 del Anexo 1 – tabla 33), Restrepo (2009) aplicó recubrimiento de sábila en fresas manteniendo por más tiempo la firmeza en las muestras tratadas con respecto a la muestra control, Ramírez (2012) explica que el recubrimiento de sábila reduce en 50% la pérdida de firmeza en moras. Esto confirma que la aplicación del recubrimiento de sábila aporta a mantener la firmeza durante el almacenamiento.

Figura 20: Superficie de respuesta para la firmeza:



$$\text{Firmeza} = .46640 + .60036 * T - .00805 * T^2 + .06687 * \% \text{ Gel} + .00065 * \% \text{ Gel}^2 - .01068 * T * \% \text{ Gel}$$

Figura 21: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para la firmeza



COLOR

Se midió el color tomando el valor de la tonalidad ($^{\circ}$ Hue) en la zona inferior de la muestra, con ayuda de un colorímetro vol. s32 y se tienen los siguientes:

Los resultados de la Tabla 12, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que la temperatura, el % de gel y su interacción, en su forma línea y cuadrática, en ambos factores, tiene un efecto significativo sobre los valores del color teniendo valores de $p(T)=0.00003$, $p(T^2)=0.00002$, $p(\% \text{ Gel})=0.02089$, $p(\% \text{ Gel}^2)=0.00038$, $p(T \text{ vs } \% \text{ Gel})=0.0394$ respectivamente. Además, el valor R^2 ajustado = 89.208 % nos indica que el modelo ajustado explica el 89.2 % de la variabilidad del color, lo que en pocas palabras significa un ajuste moderado.

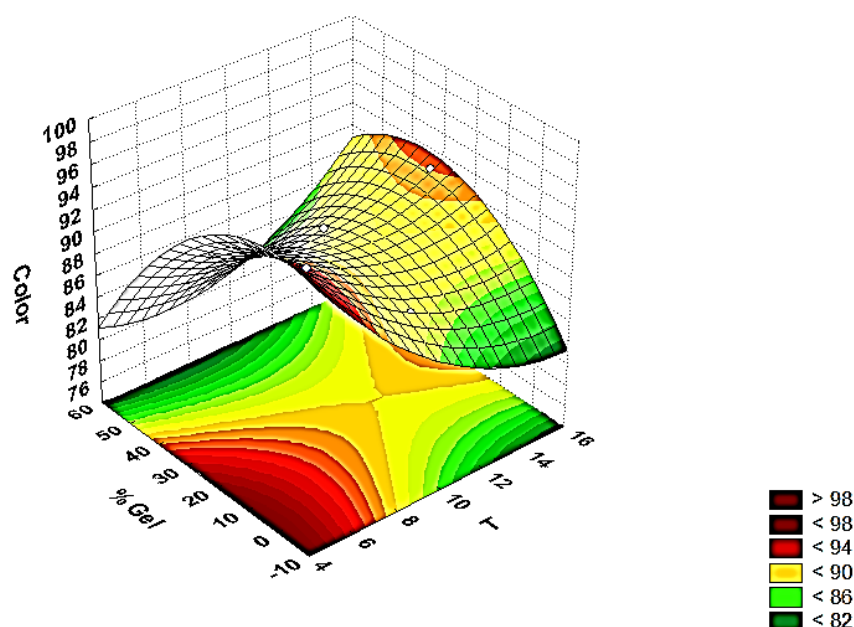
Tabla 12: ANVA del Color

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	2193.6	1	2193.6	1635.7	0.00003	**
T (Q)	2597.8	1	597.8	1927.1	0.00002	**
% Gel (L)	26.765	1	26.765	19.957	0.02089	*
% Gel (Q)	423.29	1	423.29	315.63	0.00038	**
T y % Gel	16.453	1	16.453	12.268	0.0394	*
Error	4.023	3	1365.2			
Total SS	9917.83	8				

Observando la superficie de respuesta (Figura 22) el fenómeno estudiando está representado por una Silla de montar o mínimax, esto quiere decir que el valor del color aumenta o disminuye a partir del centro de la superficie, según la dirección tomada (Figura 23), La Figura 23 nos traduce que a 6.46 $^{\circ}$ C y 8.05 % de sábila el color llega a su tonalidad máxima de 93.975 $^{\circ}$ (tonalidad verde amarillo) y a 10 $^{\circ}$ C con 55% de sábila el color llega a la menor tonalidad 83.7 $^{\circ}$ (tonalidad

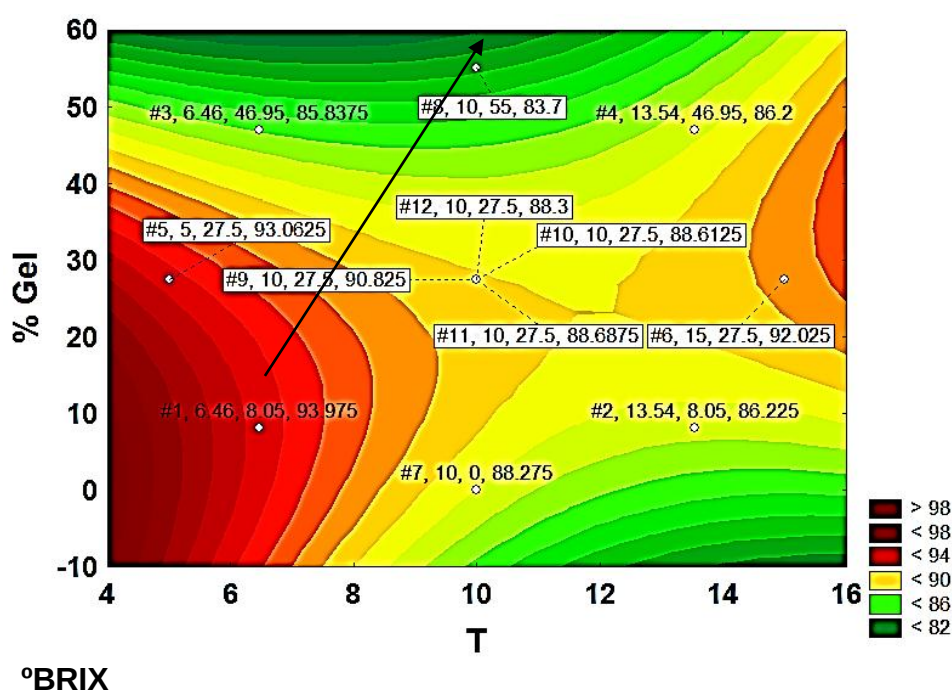
amarillo naranja), entonces la aplicación del recubrimiento con un contenido moderado (ver tratamiento 5,6 y 9 de la Tabla 33) de sábila aporta a la obtención de tonalidad verde amarillo, retardando el cambio a tonalidad, durante el almacenamiento de carambola. Restrepo (2009) y Ramírez (2012), concluye que el recubrimiento de sábila retarda los cambio de color en fresas y moras, respectivamente, sin embargo López (2012) menciona que la aplicación de recubrimientos comestibles mantiene estable el color en carambolas almacenadas a 5°C. En tanto la aplicación del recubrimiento de sábila retarda el cambio de tonalidad en las carambolas durante el almacenamiento.

Figura 22: Superficie de respuesta para el color:



$$\text{Color} = 110.52411 - 3.38786 * T + .11324 * T^2 - .11777 * \% \text{ Gel} - .00492 * \% \text{ Gel}^2 + .02945 * T * \% \text{ Gel}$$

Figura 23: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el color



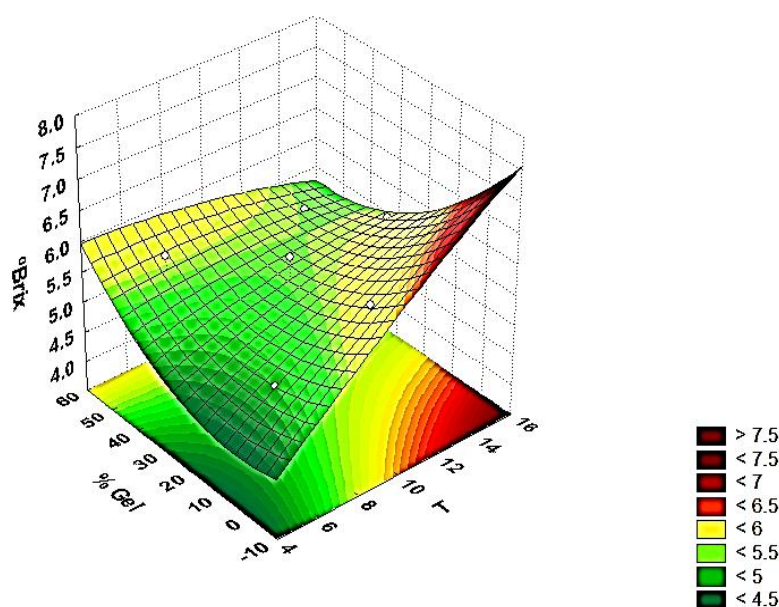
Los resultados de la Tabla 13, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que ninguno de los factores tiene un efecto significativo. Además, el valor R^2 ajustado = 57.851 % nos indica que el modelo ajustado explica el 57.9 % de la variabilidad de los °Brix, lo que en pocas palabras significa un ajuste moderado.

Tabla 13: ANVA de los °Brix

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	0.7649	1	0.7649	3.7891	0.1467	N.S.
T (Q)	0.0161	1	0.0161	0.0801	0.7955	N.S.
% Gel (L)	0.0302	1	1.0302	0.1498	0.7245	N.S.
% Gel (Q)	0.2592	1	0.2592	1.2844	0.3394	N.S.
T y % Gel	0.3828	1	0.3828	1.8964	0.2622	N.S.
Error	0.6056	3	0.12018			
Total SS	2.5786	8				

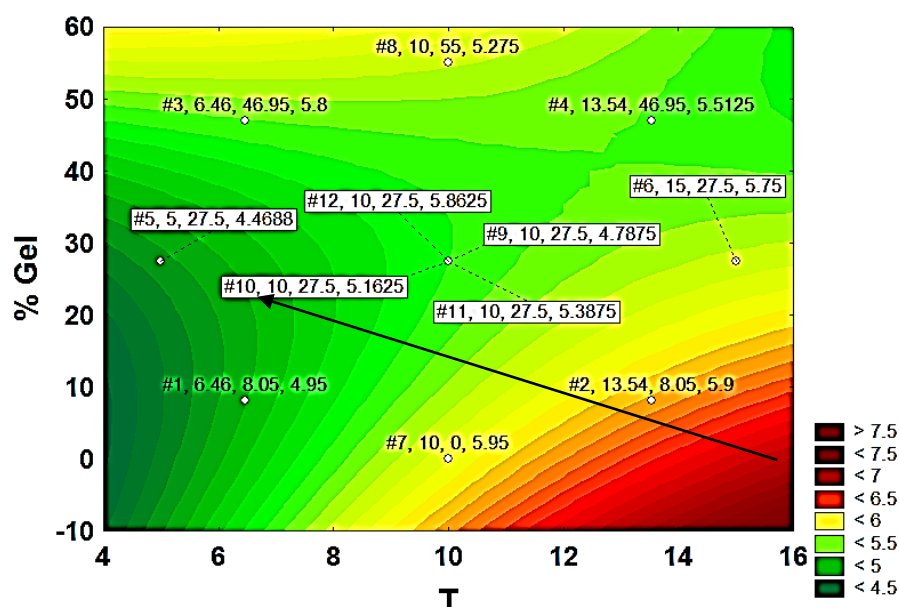
Observando la superficie de respuesta (Figura 24) el fenómeno estudiando está representado por una Silla de montar o mínimax esto quiere decir que los ° Brix aumentan o disminuyen a partir del centro de la superficie, según la dirección tomada (Figura 25), La Figura 25 nos traduce que bajo las condiciones de 5 °C y 27.5 % de sábila los °Brix alcanzan su menor concentración (4.46) y a 15 °C sin recubrimiento alcanzan la mayor concentración de °Brix (5.95), la aplicación del recubrimiento presenta un rango corto de variación de los °Brix mostrando estable la variación del contenido de °Brix. El reporte es similar al de Quisintuña, (2014) quien aplicó recubrimiento de sábila en el babaco lo cual mantuvo constante el contenido de °Brix. López (2012) concluye que la aplicación de recubrimientos comestibles durante el almacenamiento de carambola mantiene constante los °Brix, esto confirma que el recubrimiento de sábila aporta a mantener estable la concentración de °Brix en la carambola durante el almacenamiento.

Figura 24: Superficie de respuesta para los °Brix:



$$^{\circ}\text{Brix} = 3.2777 + 0.29134 \cdot T - 0.00401 \cdot T^2 + 0.125 \cdot \% \text{Gel} + 0.00053 \cdot \% \text{Gel}^2 - 0.00449 \cdot T \cdot \% \text{Gel}$$

Figura 25: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para los °Brix



ACIDEZ

Los resultados de la Tabla 14, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que la temperatura, el % de gel y su interacción, en su forma línea y cuadrática, para ambos factores, tienen un efecto significativo sobre los valores de la acidez teniendo valores de $p(T)=0.00084$, $p(T^2)=0.0051$, $p(\% \text{ Gel})=0.0147$, $p(\% \text{ Gel}^2)=0.0299$, $p(T \text{ vs } \% \text{ Gel})=0.0246$ respectivamente. Además, el valor R^2 ajustado = 74.783 % nos indica que el modelo ajustado explica el 74.8 % de la variabilidad de la acidez, lo que en pocas palabras significa un buen ajuste.

Tabla 14: ANVA del índice de la acidez

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	0.14*10 ⁻⁷	1	0.14*10 ⁻⁷	35.4386	0.0084	**
T (Q)	0.21*10 ⁻⁷	1	0.21*10 ⁻⁷	54.1533	0.0051	**
% Gel (L)	0.1*10 ⁻⁷	1	0.1*10 ⁻⁷	25.7302	0.0147	**
% Gel (Q)	0.06*10 ⁻⁷	1	0.06*10 ⁻⁷	15.1975	0.0299	*
T y % Gel	0.07*10 ⁻⁷	1	0.07*10 ⁻⁷	17.64	0.0246	*
Error	0.01*10 ⁻⁷	3	0.06*10 ⁻⁷			
Total SS	0.87*10 ⁻⁷	8				

Observando la superficie de respuesta (Figura 26) el fenómeno estudiando está representado por una Silla de montar o mínimax esto quiere decir que el valor de la acidez aumenta o disminuye a partir del centro de la superficie, según la dirección tomada (Figura 27), La Figura 27 nos traduce que a 6.46 °C con un recubrimiento de 46.95% de sábila la acidez llega a su menor valor 0.001464 % de ácido cítrico y a 15 °C con un recubrimiento de 27.5% de sábila la acidez llega a su mayor valor 0.001772 % de ácido cítrico, la aplicación del recubrimiento de sábila presenta un rango corto de variación de acidez por tanto la acidez tiende a ser estable. Los reportes son similares a lo mencionado por López (2012) menciona que la aplicación de recubrimientos comestibles durante el almacenamiento de carambola mantiene constante la acidez, entonces el recubrimiento de sábila permite mantener la estabilidad de la acidez.

Figura 26: Superficie de respuesta para la acidez

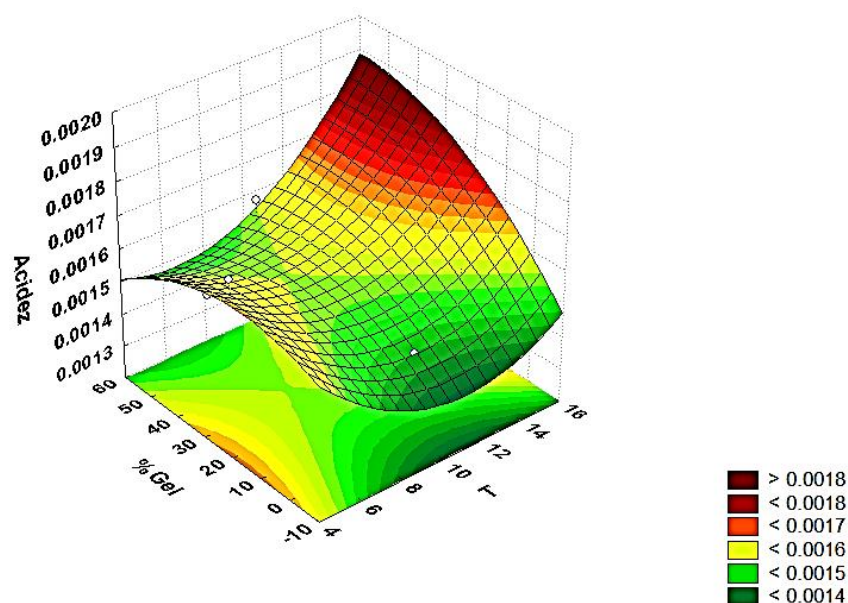
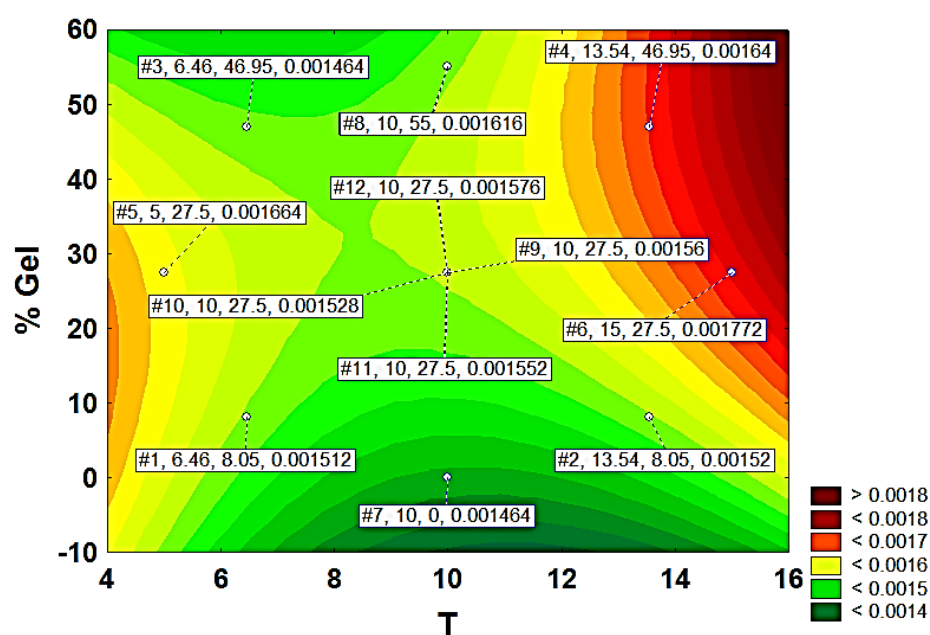


Figura 27: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para los acidez



PH

Los resultados de la Tabla 15, corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que ninguno de los factores tiene un efecto significativo. Además, el valor R^2 ajustado = 24.136 % nos indica que el modelo ajustado explica el 24.2 % de la variabilidad del pH, lo que en pocas palabras significa un ajuste inaceptable.

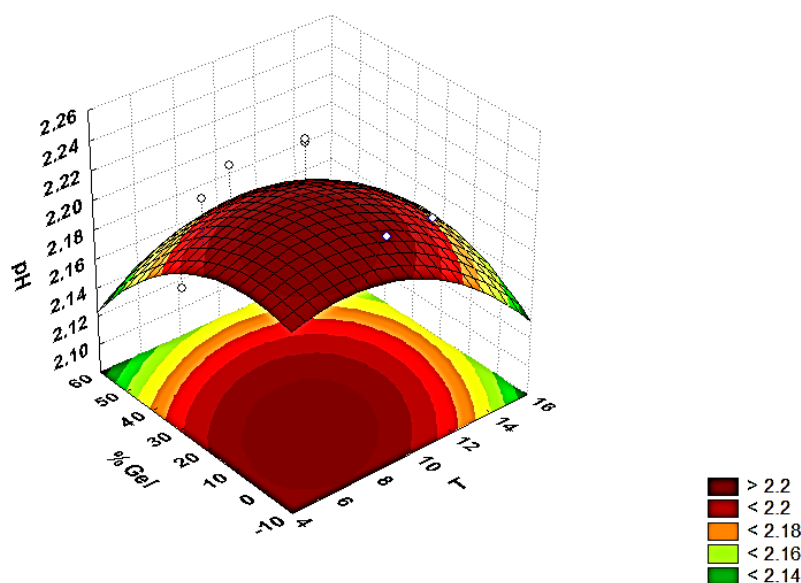
Tabla 15: ANVA del pH

Factor	SS	df	MS	F	Valor p	Sig.
T (L)	0.0005	1	0.0005	0.2476	0.6528	N.S.
T (Q)	0.0007	1	0.0007	0.3672	0.5872	N.S.
% Gel (L)	0.0013	1	0.0013	0.6524	0.4783	N.S.
% Gel (Q)	0.0006	1	0.0006	0.2876	0.6289	N.S.
T y % Gel	0.0001	1	0.0001	0.0811	0.7943	N.S.
Error	0.0063	3	0.0021			
Total SS	0.0134	8				

Observando la superficie de respuesta (Figura 28) del fenómeno estudiando está representado por una cresta ascendente esto quiere decir que la respuesta presenta un máximo valor, este valor se encuentra fuera de la actual región experimental; es decir, se puede inferir que la verdadera superficie es una montaña pero no observamos su pico sino un costado, esto traduce que para determinar el pH adecuado se deben controlar más factores como la humedad relativa y el estado de madurez durante la recolección entre otros, el gráfico de contorno (Figura 29) muestra que el pH llega a su menor valor de 2.1412 cuando las condiciones son 6.46 °C y 46.95 % de sábila caso contrario con 10 °C y 27.5% de sábila llega a su mayor valor de 2.245, en tanto la aplicación de un recubrimiento de sábila presenta un rango corto de variación de pH esto deja ver una estabilidad. El reporte es similar a lo que plantea Silverio, Salazar, & Arredondo, (2010) que el valor del pH esta entre el rango de 2.2 - 2.6

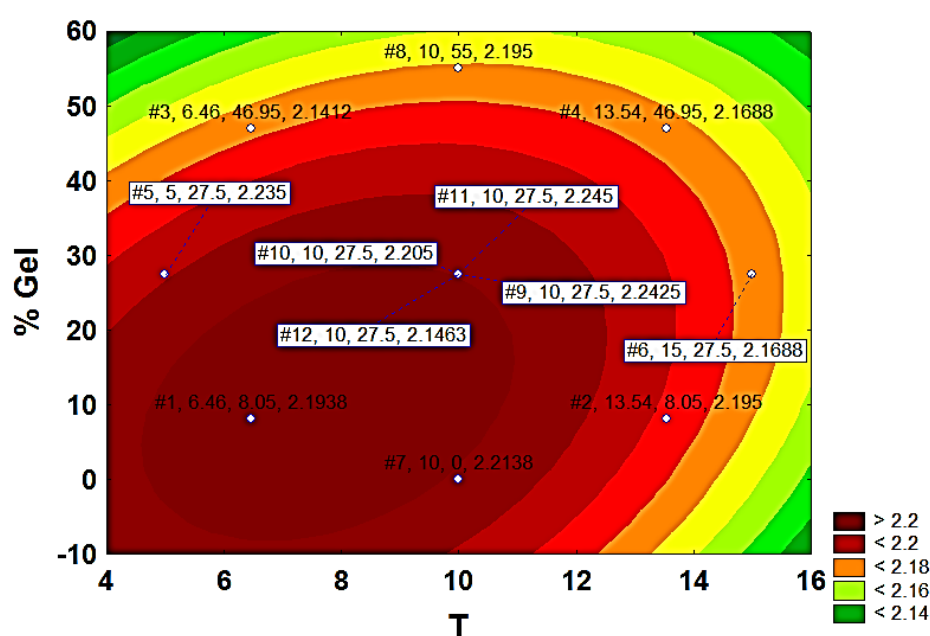
cuando se controla la humedad relativa a 5°C, en tanto el control de este factor debe ser considerado al momento de determinar el pH durante el almacenamiento. De igual forma Quisintuña (2014), concluye que el pH se mantiene constante al aplicar un recubrimiento de sábila en el babaco.

Figura 28: Superficie de respuesta para el pH



$$pH = 2.16966 + 0.01273 * T - 0.00088 * T^2 - 0.00021 * Gel - 0.00003 * Gel^2 + 0.000095 * T * Gel$$

Figura 29: Gráfico de contorno correspondiente a la Superficie de respuesta para el pH



En la Tabla 18 se muestran las condiciones óptimas de temperatura y recubrimiento, las ecuación de los gráficos para cada factor y el analisis del valor optimo individual para cada factor se muestra en el Anexo1 (Tabla 34 y 35 respectivamente), siendo estas 5 °C y recubrimiento de 36.85% de sábila, bajo estas condiciones los valores deseados son Índice de daños: 0.57, pérdida de peso de 53.74%, con presencia de manchas 1.8 que equivalente a un desarrollo ligero de manchas, un valor de 2.1 para el pardeamiento que equivale a un pardeamiento ligero, el color con una tonalidad de 90.8° con tendencia al amarillo, firmeza de 4.64 kg/cm², concentración de 4.99 de °Brix, acidez de 0.00159 % expresado en ácido cítrico, y pH de 2.19.

Tabla 16: Valores óptimos de los factores y variables de estudio.

FACTOR	BAJO	ALTO	ÓPTIMO
Temperatura	5.0	15.0	5.0
% Gel	0.0	55.0	36.85
VARIABLES	ÓPTIMO		
RESPUESTA			
Índice de Daños	0.5700		
Peso (g)	53.737		
Manchas	1.7634		
Pardeamiento	2.0993		
Color (°Hue)	90.816		
Firmeza (Kg/cm ²)	4.6463		
°Brix	4.9893		
Acidez (ácido cítrico)	0.00159		
pH	2.1861		

Los datos reportados en la Tabla 18 son similares a los reportados por López, (2012) investigó el efecto de los recubrimientos comestibles durante la conservación de carambola a 5°C y afirma que los recubrimientos comestibles retardan la aparición de síntomas de

daño físico y ablandamiento del tejido, mientras que se mantienen estables los sólidos solubles, pH, color y acidez titulable en carambola almacenada durante 28 días. De igual forma el reporte de Silverio, Salazar, & Arredondo, (2010), concluye que la temperatura óptima de conservación de carambola se ubica entre 5 – 10 °C y HR óptima entre 90 - 95 %, obteniendo un pH entre 2.2 - 2.6. datos similares reportar Restrepo, (2009), quien conservó fresas frescas tratadas con recubrimiento comestible desarrollado de sábila, a diferentes concentraciones, logrando un mayor retraso de los cambios en color, firmeza, pérdida de peso y sabor a condiciones de 5°C, HR: 75% y recubrimiento de 30% de sábila.

Finalmente el recubrimiento de sábila aplicado a la carambola entera, tiene un efecto favorable durante el almanceamiento, el gel de sábila es parénquima de la hoja especializado en reservar agua, debido a esto formo una barrera entre el fruto y el ambiente de almacenamiento retardando los procesos metabólicos de maduración y senescencia, la similitud de los valores deseados obtenidos con la bibliografía demuestran una buena capacidad para mantener la calidad de la carambola durante el almacenamiento

4.1.2. SEGUNDA ETAPA: DETERMINACIÓN DE CONDICIONES PARA REDUCIR EL DESARROLLO DE *Botrytis cinérea* EN CARAMBOLA ENTERA

Durante la segunda etapa se determinó el recubrimiento que permite para reducir el desarrollo de *Botrytis cinérea* en carambola entera, se utilizó tres recubrimientos: C: 0%, E1: 35 %, E2: 45% y E3: 55 % de sábila, las muestras tratadas se almacenaron a tres temperaturas: T1: 15 °C, T2: 20 °C y T3: 25 °C en un ambiente infestado de *Botrytis cinérea*. La escala hedónica utilizada en el experimento se muestra en el anexo 1(Análisis Microbiológico).

En la Tabla 17 se muestra el ANVA ($\alpha=0.05$), para las carambolas conservadas a 15°C, presenta diferencia significativa ($p= 0.0015$) entre el desarrollo de *Botrytis cinérea* en las muestras tratadas con el recubrimiento y la muestra control, la prueba de tukey (Tabla 18)

determinó que existe diferencias entre la muestra control (C) y las muestras tratadas con el recubrimiento E1: 35 % y E2: 45 % de sábila.

Tabla 17: ANVA para la carambola tratada entera a 15 °C

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Variabilidad	SC	GL	CM	F	Prob.	Sig
Entre grupos	16.33	3.0	5.44	6.47	0.0015	**
Dentro de los grupos	26.88	32.0	0.84			
Total	43.22	35.0				

Tabla 18: Prueba Tukey para los tratamientos a 15°C

	C	E1	E2	E3
C				
E1	1.77 *			
E2	1.33 *	0.44		
E3	0.66	1.11	0.66	

*Valores significativos al ser comparados con HSD = 1.21

En la Tabla 19 se muestra el ANVA ($\alpha=0.05$) para las carambolas conservadas a 20 °C es significativo ($p= 0.0475$) por lo tanto existe diferencia entre el desarrollo de *Botrytis cinérea* en las muestras tratadas con los recubrimientos y la muestra control, la prueba de tukey (Tabla 20) determinó que no existe diferencia significativa entre la muestra control y las muestras con tratamientos.

Tabla 19: ANVA para carambola tratada entera a 20 °C

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Variabilidad	SC	GL	CM	F	Prob	Sig.
Entre grupos	13.33	3.0	4.44	2.94	0.04	*
Dentro de los grupos	48.22	32.0	1.50			
Total	61.56	35.0				

Tabla 20: Prueba Tukey para los tratamientos a 20°C

	C	E1	E2	E3
C				
E1	1.55			
E2	0.66	0.88		
E3	1.33	0.22	0.66	

*Valores significativos al ser comparados con HSD = 1.62

En la Tabla 21 se muestra el ANVA ($\alpha=0.05$) efectuado para las carambolas conservadas a 25 °C no es significativo ($p= 0.3505$) por lo tanto no existe diferencia entre el desarrollo de *Botrytis cinérea* de las muestras control y los tratamientos.

Tabla 21: ANVA para la carambola tratada entera a 25 °C

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Variabilidad	SC	GL	CM	F	Prob.	Sig.
Entre grupos	5.66	3.0	1.88	1.1	0.35	N.S.
Dentro de los grupos	53.33	32.0	1.66			
Total	59.00	35.0				

Según el análisis microbiológico efectuado en carambola entera tratada con tres recubrimientos de sábila y conservada a tres temperaturas, se encontró que bajo las siguientes condiciones 15 °C con los recubrimientos E1: 35 % y E2: 45 % de sábila, se reduce significativamente el desarrollo de *Botrytis cinérea*, lo cual no ocurre con las muestras conservadas a 20 °C ni a 25 °C, por tanto la aplicación de recubrimiento con menor contenido de sábila en muestras conservadas a 15°C o temperaturas menores aportan a la reducción del desarrollo de *Botrytis cinérea*. Arozarena, (2010) concluye que la temperatura mínima de desarrollo de *Botrytis cinérea* en vinos, es 15°C, relacionando el resultado de la primera y segunda etapa, la aplicación de recubrimiento de sábila retarda el

desarrollo de *Botrytis cinérea* bajo las condiciones óptimas obtenidas para el almacenamiento de carambola (5°C y 36.85% de sábila), dado que forma una barrera antifúngica entre el fruto y el ambiente contaminado, esto se atribuye al contenido de aloína que posee la sábila.

Los datos reportados son acorde a los reportes de Ramirez (2012), que aplicó un recubrimiento comestible de *Aloe vera* en moras almacenadas en refrigeración, en la que se retarda el crecimiento de mohos. Blanch, Donado, & Pinazo, (2011) quienes retardan la presencia de mohos en carambola minimamente procesada conservada con atmosferas modificadas.

4.2. SEGUNDO EXPERIMENTO: DETERIORO ACELERADO

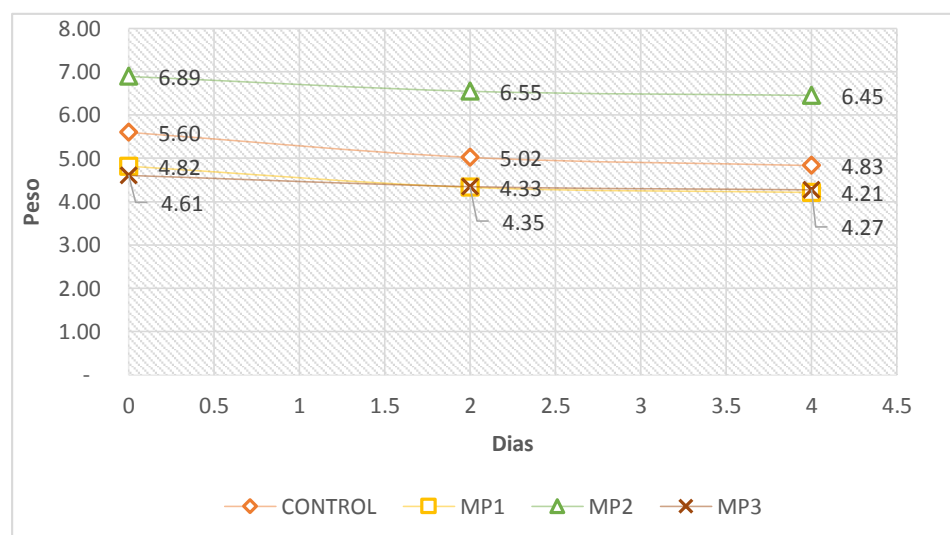
CINETICA DE DETERIORO DE LA CARAMBOLA MINIMAMENTE PROCESADA

En este objetivo se determinó el comportamiento de la cinética de deterioro de la carambola mínimamente procesada durante el deterioro acelerado considerando temperaturas de 5, 15 y 25 °C y las muestras se trataron con recubrimientos de concentraciones C: 0%, MP1: 35%, MP2: 45% y MP3: 55%, tomando como indicador para el análisis físico el peso, para el análisis químico los B^orix, pH y acidez y el análisis sensorial las características organolépticas: aroma, textura, color y sabor.

4.2.1. INDICADOR FÍSICO

La Figura 30 muestra la cinética de deterioro del peso para las muestras, tratadas con los recubrimientos conservadas a 5 °C.

Figura 30: Variación del peso en las muestras conservadas a 5 °C:



La Tabla 22 contiene los valores porcentuales del peso durante los cuatro días de conservación, para cada recubrimiento, las muestras tratadas con MP3: 55 % de sábila en el recubrimiento, presentan una pérdida de peso de 0.33 %, seguida de MP2 con una pérdida de

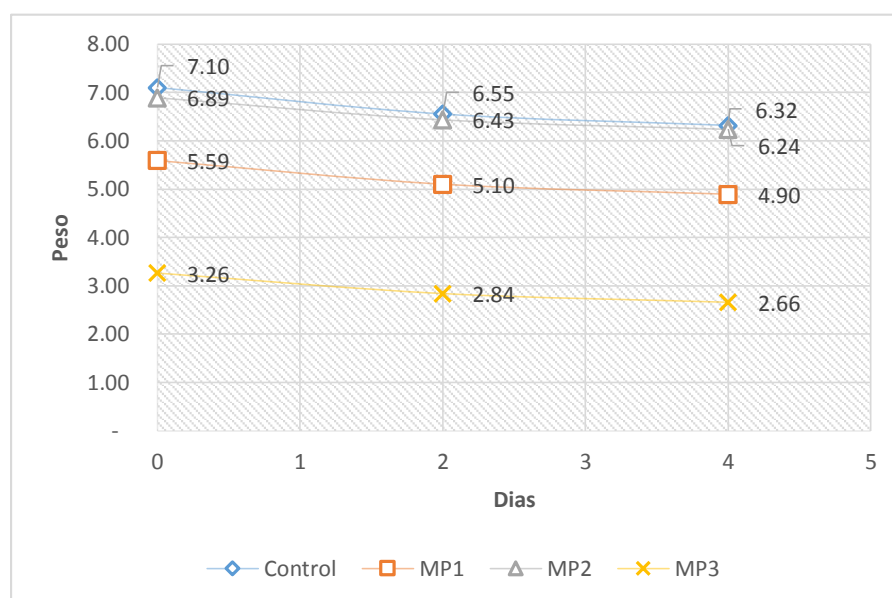
0.44%, MP1 con una pérdida de 0.61% y un 0.44 % menos de pérdida con respecto a la muestra control.

Tabla 22: Variación del porcentaje de peso de las carambolas mínimamente procesadas durante los 4 días de conservación a 5 °C

%PP	Día 0 - 2	Día 2 - 4	Total
Control	0.58 %	0.19 %	0.77%
MP1	0.49 %	0.12 %	0.61 %
MP2	0.34 %	0.09 %	0.44 %
MP3	0.26 %	0.07 %	0.33 %

En la Figura 31 podemos observamos la cinética de deterioro del peso para las muestras tratadas con los recubrimientos, conservadas a 15 °C.

Figura 31: Variación del peso en las muestras conservadas a 15 °C:



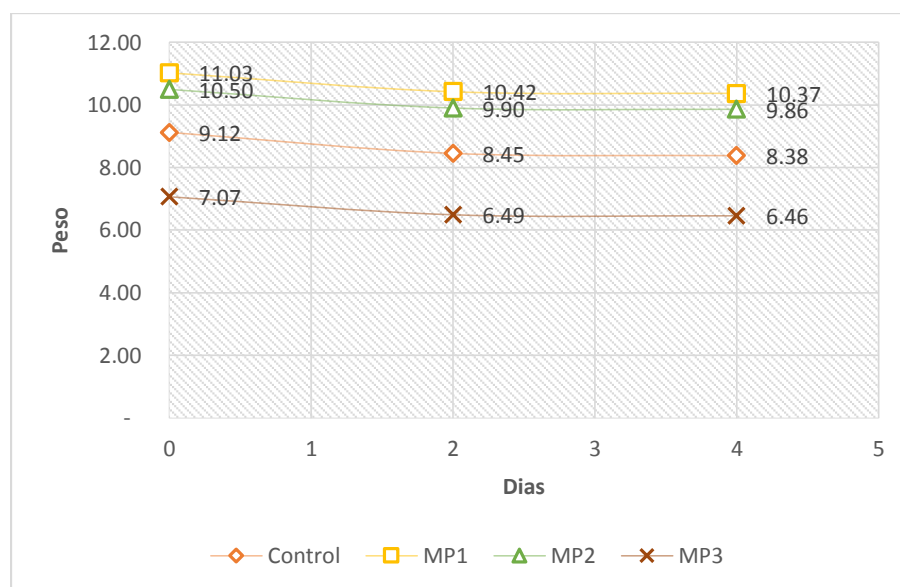
La Tabla 23 contiene los valores porcentuales del peso para cada recubrimiento, las muestras tratadas con MP3: 55% de sábila en el recubrimiento, presentan una pérdida de peso de 0.60 %, seguida de MP2 con 0.65 %, MP1 con 0.70% y un 0.18 % menos de pérdida con respecto a la muestra control, durante los cuatro días de conservación.

Tabla 23: Variación del porcentaje de peso de las carambolas mínimamente procesadas durante los 4 días de conservación a 15 °C

%PP	Día 0 - 2	Día 2 – 4	Total
Control	0.55 %	0.24 %	0.78 %
MP1	0.49 %	0.21 %	0.70 %
MP2	0.46 %	0.20 %	0.65 %
MP3	0.42 %	0.18 %	0.60 %

En la Figura 32 podemos observar la cinética de deterioro del peso para las muestras tratadas con los recubrimientos, conservadas a 25 °C.

Figura 32: variación del peso en las muestras conservadas a 25 °C:



La Tabla 24 contiene los valores porcentuales del peso para cada recubrimiento, las muestras tratadas con MP1: 35% de sábila en el recubrimiento, presentan una pérdida de peso de 0.61 %, seguida de MP2 con 0.64 %, MP3 con 0.66% y un 0.13 % menos de pérdida con respecto a la muestra control, durante los cuatro días de conservación.

Tabla 24: Variación del porcentaje de peso de las carambolas mínimamente procesadas durante los 4 días de conservación a 25 °C

%PP	Día 0 – 2	Día 2 – 4	Total
Control	0.67 %	0.07 %	0.74 %
MP1	0.58 %	0.03 %	0.61 %
MP2	0.60 %	0.04 %	0.64 %
MP3	0.60 %	0.05 %	0.66 %

Finalmente la variación del peso de las muestras conservadas a 5 °C tratadas con MP3 es 0.44% menos que la muestra control, a 15 °C tratadas con MP3 es 0.18% menos que la muestra control y a 25 °C tratadas con MP1 es 0.13% menos que la muestra control. Del análisis físico se recomienda conservar las muestras a 5° C utilizando el recubrimiento MP3: 55% de sábila en el recubrimiento, para reducir la pérdida de peso en las muestras y de esta forma reducir la cinética de deterioro del indicador físico. Podemos mencionar que el recubrimiento con mayor contenido de sábila presenta mejor estabilidad a 5 y 15 °C lo cual reduce la pérdida de peso, sin embargo el recubrimiento de contenido bajo de sábila es mas estable a 25 °C; esto puede ser por que el recubrimiento tiene que formar una barrera impermeable y homogénea.

Estos resultados estan de acuerdo a los reportados por Restrepo,(2009) quien conservo a 5°C durante 10 dias, fresas frescas tratadas con recubrimiento de mucilago de penca de sabila la vida util aumenta en 10 dias y disminuyendo las perdidas de humedad. Al igual que los resportados por Martinez, y otros, (2006) para un recubrimiento de sabila aplicado en cerezas. De igual forma Ruelas, y otros (2013) menciona que los RC forman una barrera contra la pérdida de peso.

4.2.2. INDICADORES QUÍMICOS

En la Tabla 25 se muestra el tiempo de vida útil con respecto a los °Brix (los grados Brix tienden a aumentar con el paso del tiempo, ver Anexo 2) de las muestras tratadas con los recubrimientos y la muestra control, en las muestras conservadas a 5 °C el recubrimiento que presenta la mayor prolongación de vida útil es MP3: 55% de sábila, con 1.3 días seguido de la muestra control con 1.27 días, MP2: 45% de sábila con 1.24 días y MP1: 35% de sábila con 1.2 horas. En tanto la diferencia en el tiempo de vida de las muestras tratadas con MP3: 55% de sábila y la muestra control es de 0.03 días.

A 15 °C el recubrimiento MP3 presenta mayor tiempo de vida con 1.3 días seguido de MP2 con 1.25 días, MP1 con 1.2 días y la muestra control con 1.06 días. En tanto la diferencia de tiempo de vida entre el tratamiento MP3 y la muestra control es 0.24 días.

A 25 °C con el recubrimiento MP2 prolonga la vida en 1.304 días, seguido de MP3 con 1.3 días, MP1 con 1.2 días y la muestra control con 1.16 días. En tanto la diferencia de tiempo de vida entre el tratamiento MP2 y la muestra control es 0.18 días.

Esto nos indica que la cinética de deterioro de las muestras conservadas a 15 y 25 °C tratadas con el recubrimiento MP3: 55% de sábila, para °Brix es moderada dado que el tiempo de vida máximo es 1 día. Esto nos muestra que la aplicación de un recubrimiento prolonga el tiempo de vida dado que forma una barrera contra la pérdida de agua evitando que se eleve la concentración de °brix en las muestras.

Tabla 25: Tiempo de vida útil y Q10 con respecto a los ° BRIX

° BRIX RECUBRIMIENTO(%)	TEMPERATURA (°C)			Q10
	5	15	25	
C	1.27 días	1.06 días	1.16 días	1
MP1	1.2 días	1.2 días	1.2 días	1
MP2	1.24 días	1.25 días	1.304 días	0.98
MP3	1.3 días	1.3 días	1.3 días	1

En la Tabla 26 se muestra el tiempo de vida útil con respecto al pH de las muestras tratadas con los recubrimientos y la muestra control, la prolongación del tiempo de vida es muy corto por lo tanto el recubrimiento no tiene ningún efecto sobre la cinética de deterioro del pH.

Tabla 26: Tiempo de vida útil y Q10 con respecto al pH

pH RECUBRIMIENTO(%)	TEMPERATURA (°C)			Q10
	5	15	25	
C	0.042	0.021	0.038	0.94
MP1	0.019	0.069	0.025	0.932
MP2	0.05	0.073	0.048	0.233
MP3	0.041	0.01	0.041	0.904

*Los resultados están expresados en días.

En la Tabla 27 se muestra el tiempo de vida útil con respecto a la acidez de las muestras tratadas con los recubrimientos y la muestra control, la prolongación del tiempo de vida es muy pequeño con respecto a la muestra control, sin embargo en las muestras conservadas a 15 °C con MP2: 45% de sábila en el recubrimiento la vida útil se prolonga en 2 días teniendo una diferencia de 1.8 días con respecto a la muestra control y el recubrimiento MP3: 55% de sábila se prolonga en 1.5 días con una diferencia de 1.3 días con respecto a la muestra control.

Tabla 27: Tiempo de vida útil y Q10 con respecto a la acidez

ACIDEZ RECUBRIMIENTO(%)	TEMPERATURA (°C)			Q10
	5	15	25	
C	2.9 días	0.2 días	3.4 días	0.99
MP1	0.9 días	0.3 días	0.1 días	0.99
MP2	0.7 días	2 días	0.1 días	0.99
MP3	0.7 días	1.5 días	0.9 días	0.99

Esto nos indica que la cinética de deterioro de la acidez es acelerada sin embargo presenta una reducción en muestras conservadas a 15 °C tratadas con los recubrimientos MP2 y MP3, 45% y 55% de sábila en el recubrimiento.

Finalmente la cinética de deterioro es moderada con respecto a la muestra control para los atributos químicos de las muestras conservadas a 15 °C tratadas con el recubrimiento MP3: 55% de sábila retardando la maduración (aumento de los °Brix) y senescencia, los °Brix y la acidez prolongan la vida de las muestras en 1 día, el pH presenta un tiempo de vida muy bajo por tanto no lo consideramos relevante, los valores de Q10 no modifica la velocidad de reacción en ninguno de los indicadores.

4.2.3. INDICADORES SENSORIALES

En la Tabla 28 observamos el ANVA ($p < 0.05$) para el aroma, la Tabla 29 muestra la comparación de Duncan donde existe diferencia entre la muestra control y las muestras tratadas con MP1: 35 % y MP2: 45 % de sábila en el recubrimiento, por lo tanto el aroma de la carambola mínimamente procesada conservada a 5 °C reduce el aroma característico a concentraciones bajas (35 % - 45 % de sábila) y lo mantiene al ser tratada con un recubrimiento de mayor concentración de sábila. En tanto la aplicación del recubrimiento afecta en la aceptabilidad de los panelistas.

Tabla 28: ANVA para el Aroma

Fuente	S.C	Gl	C.M.	F	Prob.	Sig.
Entre grupos	6.95	3	2.31667	3.22	0.0272	**
Intra grupos	54.6	76	0.718421			
Total (Corr.)	61.55	79				

Tabla 29: Prueba Múltiple Duncan

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
AMP2	20	0.75	A
AMP1	20	0.95	A
AMP3	20	1.05	Ab
AC	20	1.55	B

En la Tabla 30 se muestra el ANVA ($p > 0.05$) para la textura, por lo tanto el recubrimiento de sábila no mejora la textura de las muestras.

Tabla 30: Tabla ANVA de la textura

Fuente	S.C.	Gl	C.M.	F	Prob.	Sig.
Entre grupos	4.05	3	1.35	2.45	0.0701	N.S.
Intra grupos	41.9	76	0.551316			
Total (Corr.)	45.95	79				

En la Tabla 31 se muestra el ANVA ($p > 0.05$) para el sabor. Entonces la aplicación del recubrimiento de sábila no afecta en el sabor de las muestras por tanto no afecta en la decisión de aceptabilidad de los panelistas

Tabla 31: ANVA para el Sabor

Fuente	S.C.	Gl	C.M.	F	Prob.	Sig.
Entre grupos	1.65	3	0.55	0.72	0.5449	N.S.
Intra grupos	58.3	76	0.76710			
Total (Corr.)	59.95	79				

En la Tabla 32 se muestra el ANVA ($p > 0.05$) para el color. Entonces la aplicación del recubrimiento de sábila no afecta el color de las muestras por lo tanto no afecta en la decisión de aceptabilidad en los panelistas.

Tabla 32: ANVA para el Color

Fuente	S.C.	Gl	C.M.	F	Prob.	Sig.
Entre grupos	0.85	3	0.283333	0.53	0.6637	N.S.
Intra grupos	40.7	76	0.535526			
Total (Corr.)	41.55	79				

Los datos reportados coinciden con los reportados por Restrepo, (2009), en terminos de analisis sensorial la aplicación de los dos recubrimientos uno elaborado solo con sabila y el otro con la adición de cera de carnauba logro la satisfaccion de los jueces con respecto a las muestras control frente a parametros de color, olor, textura y sabor. Caso similar a los reportados por Ramirez, Arizabal, & Restrepo, (2013) el analisis sensorial mostro que la aplicación del RC mejoro la percepcion de los atributos evaluados por los jueces en comparacion con los frutos control.

Los reportes coinciden con los realizados por Ramirez (2013), y Restrepo, (2009) el analisis sensorial mostro que la aplicación del RC mejoro la percepcion de los atributos evaluados por los jueces en comparacion con los frutos control. El RC a base de aloe es una alternativa de conservación poscosecha para prolongar en 5 y 10 días la vida útil de la mora de Castilla y fresa almacenada con refrigeración, respectivamente.

Después de realizar el análisis físico, químico y sensorial podemos afirmar que la cinética de deterioro de atributos físicos es lenta con respecto a la muestra control en muestras conservadas a 5°C y tratadas con el recubrimiento MP3: 55% de sábila en el

recubrimiento, esto denota que el recubrimiento forma una barrera impermeable en los diferentes ambientes a los que fueron sometidas las muestras, sin embargo la cinética de deterioro de los atributos químicos para las muestras control es acelerada lo cual presenta una maduración (aumento de los °Brix) y senescencia acelerada, en las muestras conservadas a 15 °C tratadas con el recubrimiento MP3: 55% de sábila se logra aumentar la vida útil como máximo en 1 día, por otro lado los indicadores sensoriales en las muestras tratadas conservadas a 5 °C presentan sabor característico (poco aceptable), color (tonalidad amarilla) y textura ligeramente dura al igual que la muestra control, sin embargo el aroma característico se ve afectado (reduce) al aplicar un recubrimiento de mayor contenido de sábila, por tanto el recubrimiento reduce la cinética de deterioro dado que la sábila posee propiedades físico - químicas que permiten controlar la pérdida del agua, retardar la senescencia y mejorar las características de sensoriales de la carambola mínimamente procesada.

CONCLUSIONES

- Las condiciones óptimas para mantener la calidad durante el almacenamiento son 5°C y 36.85% de sábila en el recubrimiento, bajo estas condiciones la carambola entera presenta un índice de daños de 0.57, 53.74 % Pérdida de Peso, desarrollo ligero de manchas, ligero pardeamiento, 90.8 °Hue tonalidad amarilla, firmeza de 4.64 Kg/cm², con una concentración de 4.99 °Brix, acidez de 0.00159 % expresado en ácido cítrico y pH de 2.19, por otro lado las condiciones para reducir significativamente el desarrollo de *Botrytis cinérea* son a 15 °C y el recubrimiento E1: 35 % de sábila.
- La cinética de deterioro de los atributos físicos tienden a reducirse en las muestras conservadas a 5°C tratadas con el recubrimiento de 55% de sábila, pierden 0.44% menos peso con respecto a la muestra control, la cinética para los atributos químicos tiende a reducirse moderadamente en muestras conservadas a 15 °C tratadas con el recubrimiento de 55% de sábila, retardando la maduración y senescencia, los °Brix y la acidez prolongan la vida de las muestras en 1 día, en ambos casos y el pH presenta un tiempo de vida muy corto por tanto no relevante, los valores de Q10 no modifica la velocidad de reacción en ninguno de los indicadores químicos. Finalmente las muestras conservadas a 5 °C tratadas con cualquier recubrimiento presentan sabor, color y textura similar a la muestra control, el aroma característico reduce ligeramente al aplicar un recubrimiento de mayor concentración de sábila en las muestras.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que durante el almacenamiento se considere la humedad relativa y se determine condiciones de la cámara de refrigeración, evaluando mediante cartas psicométricas la variación de la A_w del alimento con la humedad relativa del ambiente de almacenamiento.
- Se recomienda realizar una investigación referente a las condiciones óptimas del recubrimiento elaborado con sábila y temperatura de almacenamiento para validar que esas condiciones realmente son óptimas.
- Se recomienda utilizar las condiciones óptimas de almacenamiento para evaluar el comportamiento del recubrimiento sobre la *Botrytis cinérea*.
- Durante la prueba microbiológica de la cinética de deterioro se recomienda realizar un control de la humedad relativa de la cámara de conservación. Y controlar la inocuidad en el ambiente de trabajo
- Se recomienda aplicar el recubrimiento de gel de sábila en otras frutas y verduras para evaluar el comportamiento del recubrimiento durante el almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

- A. O. A. C. (1984). *Oficcial Methods of Analysis*. Editorial Board E.U.A.
- Alankararao, G., Baby, P., & Rajendra, P. (1991). Leaf oil of *coleus amboinicus* Lour: the in vitro antimicrobial studies. *Perfumerie Kosmetics Vol. 72*, 744-745.
- Andrade, M., & Moreno, C. (2010). Influencia del tratamiento UV-C sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) minimamente procesada. *Universidad Tecnologia Equinoccial*.
- Anónimo. (2012). Metodología de Superficies de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de sus procesos. *Centro de Ingenieria de la calidad*, 5 - 15.
- Anónimo. (2 de Octubre de 2012). *Tipo de vida en anaquel. Factor de estabilidad Q10*. Obtenido de Cámaras climaticas: <http://ccicalidad.blogspot.com/2012/10/tiempo-de-vida-de-anaquel-factor-de.html>
- Anzaldúa - Morales, A. (2005). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza - España: Acribia S.A.
- Arozarena, I. (2010). Tecnología de la elaboración de vinos de frutas en Ecuador. *Universidad Publica de Navarra*.
- Arroyo, D. (2010). *Estudio del uso combinado de radiacion UV-C y empacado al vacio para aumentar la vida poscosecha de carambola (Averrhoa carambola L.) mínimamente procesada* . Quito - Ecuador.
- Artés, F. (2000). *Aplicacion del frío en los alimentos: °Conservación de los productos vegetales en atmosferas modificadas*. Lamùà - Mundi Prensa.
- Baldwin, E., Nisperos, M., & Hagenmaler, R. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology Technology Vol. 9*, 151 - 163.
- Baruah, P., Shama, R., Singh, R., & Ghosh, A. (1996). Fungicidal activity of some naturality occurring essential oils against *Fusarium moniliforme*. *Journal of Essential Oils Research Vol. 8*, 411-441.

- Blanch, D., Donado, J., & Pinazo, M. (2011). *Influencia del contenido de azúcares sobre la textura e inocuidad microbiológica de rodajas de Carambolo (Avherroa carambola) minimamente procesada durante su almacenamiento e atmosfera modificada*. Quindio - Colombia: Facultad de Ciencias Agroindustriales.
- Boscarol, M. (18 de Octubre de 2007). *Imagen Digital. Apunte sobre diseño y artes gráficas*. Obtenido de Espacio del color: http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch
- Calzada, B. (1980). *Frutales Nativos*. Lima - Peru: El Estudiante.
- Calzada, R., & Pedroza, S. (2005). Evaluación físico-química del gel y jugo de la hoja de Sábila (A. banbadensis) en diferentes prácticas de manejo. *Chapingo serie Zonas Aridas Vol. 4 - España*.
- Capdeville, G., De Wilson, C., Beer, S., & Aist, J. (2002). Alternative disease control agents induce resistance to blue mold harvested Red Delicious apple fruit. *Phytopathology Vol. 92*, 900-908.
- Castillo, S. (29 de Mayo de 2012). La era de la Biotecnología. Biorecubrimientos comestibles con sábila. México.
- Chien, P., Sheu, F., & Yang, F. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf lifemof sliced mando fruit. *Jorunal of Food Engineering*, 225 - 229.
- County, D.-M. (22 de Diciembre de 2004). La carambola en florida. Florida.
- Cowan, M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Critical Reviews in Food Science Vol. 38*, 564-582.
- Deans, S., & Ritchie, G. (1987). Anti-bacterial properties of plant essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 165-180.
- Del Río, N., Martinez-Jávera, J., Navaro, P., Navaro, P., & Cuquerella, J. (1999). *Aplicaciones del frio en pos cosecha de citricos*. Panorama actual.

- Del Valle, V., Hernandez, P., Guarda, A., & Galotto, M. (2005). Development of cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Freagaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry Vol. 91*, 751-756.
- Diaz, J., & Avila, L. (2002). Sondeo del mercado mundial de sabila (*Aloe vera*). *Investigacion de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.
- Domiguez, A. (1995). Use of the fruit and stems of the prickly pear cactus (*Opuntia ssp.*) into human food. *Food Science and TEchology International*, 65-74.
- Eshun, K., & He, Q. (2004). *Aloe Vera*: avaluable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. *Critical Review in Food Science and Nutrition Vol. 44*, 91-96.
- Espinoza, A., & Sanginez, M. (2003). Eficacia del preparado químico a base de *Aloe vera* en pacientes con flebitis química del hospital Edgardo Rebagliati Martins. Lima - Peru.
- Fernandes, M., Barrera, A., Paez, D., Oviedo, E., & Romero, H. (1999). *Aspectos biológicos y conservacion de frutas promisorias de la Amazonia Colombiana*. Colombia.
- Galán, S. (1999). *Enfermedades, plagas y desordenes no patógenicos del mango*. Mundi Prensa.
- Garcia, J. (1982). *Bibliografía sobre carambola(Averrhoa carambola L.)*. San Jose, Costa Rica: IICA.
- Gomez, A. (2001). *Fundamentos de Cinética Química*. Eudema Universidad.
- Gonzales. (2000). *Análisis del desarrollo de la fase reproductiva y determinación de parámetros de recolección de la carambola (Averrhoa carambola L.) variedad ácida, producida en el piedemonte amazónico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Gonzales, W., & Palacios, M. (2003). *Estudio Farmacológico y actividad anti-inflamatoria del fruto de Averrhoa carambola L.* Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Guerra, F. (1996). *Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura*. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical.
- Hernández, M., Barrera, J., Páez, D., Oviedo, A., & Romero, H. (2004). *Aspectos Biológicos y Conservación de Frutas Promisorias de la Amazonía Colombiana*. Bogotá - Colombia: Produmedios.
- Ibañez, V. (2009). *Análisis y Diseño de Experimentos*. Puno - Perú: Editorial Universitaria.
- Jiang, Y., & Li, Y. (2001). Effects of chitosan on postharvest life and quality of longan fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol. 73, 139-143.
- Jimenez - Cuesta, M., Martinez-Jávega, J., & Cuquerella, J. (1983). Plastic individual seal-packaging of Spanish fruit. *International Congress of Refrigeration*, 460-466.
- Kander, A. (1992). Biología y tecnología de pos cosecha. *Postharvest Technology of Horticultural crops*, 14.
- Krochta, J., Balwin, E., & Nisperos, M. (1994). Edible coatings and films to improve food quality. *United States of America: CRC Press*.
- Latorre, B., Rioja, M., & Lillo, C. (2002). Efecto de la Temperatura en el desarrollo de la infección producida por *Botrytis cinerea* en flores y bayas de uva de mesa. *Departamento de Fruticultura y Enología, Pontificia Universidad Católica de Chile*, 145 - 151.
- Lawson, J., Madrigal, J., & Erjavec, J. (1992). *Estrategias Experimentales para el mejoramiento de la calidad en la Industria*. Mexico: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Lima, G., De Curtis, F., Castoria, R., Pacifica, S., & De Cicco, V. (1998). Additives and natural products against post harvest pathogens compatibility with antagonistic yeasts. *Plant Pathology and Sustainable Agriculture*, 17-28.
- López, J. (2012). Aplicación de recubrimiento comestible en carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Universidad Tecnológica Equicoccial*.

- Martinez - Jávera, J., Cuarquilla, J., Del Río, M., & Navarro, P. (1997). Estudios de tratamientos cuarentenarios mediante bajas temperaturas en frutos citricos. *CYTED*, 15-23.
- Martinez, D., Guillen, F., Valverde, J., Serrano, M., Zapata, P., Bailen, G., . . . Valero, D. (2006). *Aloe Vera*, recubrimiento comestible de frutas y hortalizas. *TECNOLOGIA DE POS COSECHA*, 42-44.
- Martinez, D., Guillen, J., Valverde, J., Serrano, M., Zapata, P., Bailen, G., . . . Valero, D. (2006). *Aloe vera*, recubrimiento comestible de frutas y hortalizas. *Tecnología de Poscosecha*, 42.
- Martinez, M., Badell, J., & Gonzalez, N. (1996). Ausencia de actividad antimicrobiana de un extracto acuoso liofilizado de *Aloe vera*. *Revista Cubana de Plantas medicas*.
- Monrroy, E. (2012). Morfología de la Botrytis cinerea. 4 - 7.
- Moreira, T. (1986). Chemical composition of propolis, vitamins and characterization of structural componenets of *Aloe Vera* L. leaf pulp. *International Immunopharmacology Vol 4*, 12-19.
- Mossel, D., & Quevedo, F. (1982). Control Microbiologico de los Alimentos: Metodos recomendados. Lima - Perú: Universidad Nacional mayor de San Marcos.
- Orduz, J., & Rangel, J. (2002). *Frutales Tropicales potenciales para el Piedemonte Llanero*. Villavicencio - Meta, Colombia: Produmedios.
- Ortuño, M. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Aynaya.
- Palacios, C., & Rodriguez, E. (2001). *Evaluación de la aplicación de atmosfera modificada en la conservación de la carambola*. Bogota: Departamento de Ingeniería Química.
- Parikh, H., Nair, G., & Modi, V. (1990). *Some Structural Changes during Ripening of Mangoes (Mangifera indica var. Alphonso) by Absciscic Acid Treatment Annals of Botany*. 121 - 127.

- Pastor, C., Vargas, M., & Gonzalez, C. (2005). Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Alimentacion, Equipos y Tecnologia Vol.197*, 130-135.
- Ponce de Leon, L. (1997). *Técnicas de almacenamientos*. Mexico: EMEX.
- Posso, P. (2002). *La Sábila*.
- Quezada, W. (2004). *Separatas Industria de aceites y jabones*. Escuela de Ingenieria Agroindustrial.
- Quintero, J., Falguera, V., Muñoz, A., & Aldemar, H. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Tumbagua*, 93 - 118.
- Quisintuña, E. (2014). Estudio del efecto del gel de penca de sábila (*Aloe vera* Miller) sobre la vida útil de babaco (*Carica pentagona*) producido por los agricultores de la parroquia San Miguelito. *Facultad de Ciencia e Ingenieria en Alimentos*.
- Ramirez, J., Arizabal, I., & Restrepo, J. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila. *Facultad de Química Farmacéutica*, 172-183.
- Ramos, M., Bautista, S., & Barrera, L. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexinaca de Fitopatologia*, 44-57.
- Restrepo, J. (2009). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). *Facultad de ciencias Agropecuarias*, 1-83.
- Reuveni, R., Fleisher, A., & Putievsky, E. (1984). Fungistatic activity of essential oils from *Ocimum basilicum* chemotypes. *Phytopathology Vol. 110*, 20-22.
- Rodriguez, F. (1998). *Ingenieria de la Industria Alimentaria*. Madrid - España: Sintesis S.A.

- Rotondo, R., Ferratto, J., & Firpo, T. (2008). Hortalizas mínimamente procesadas o de IV gama. *Revista Agromensajes de la Facultad de Ciencias Agrarias N° 26 Universidad Nacional de Rosario*.
- Salinas, R., Reyes, D., & Martinez, E. (2003). Frigoconservación y aplicación de atmósfera modificada en la conservación en fresco de frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). En I. C. Ornamental, *Memorias de Resúmenes del X Congreso Nacional de Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas* (pág. 259). Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Sánchez, L., Vargas, M., González, C., Chafer, M., & Chiralt, A. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. *VIII Congreso SEAE Bullas*, 41 - 50.
- Sepulveda, P., & Alvarez, M. (2004). *Identificación de Botrytis cinerea causando Atizamiento en garbanzo (Cicer arietinum L.)*. Quito - Ecuador.
- Serrano, M., Valverde, J., Guillen, F., Castillo, S., & Martin, O. (2006). Use of *Aloe vera* el coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry Vol. 54*, 3882-38886.
- Sica. (12 de 02 de 2010). *Servicios de información de censos agropecuarios*. Obtenido de carambola (*Averrhoa carambola* L.): www.sica.gov.ec/
- Siller, J., Muy, D., Báez, M., García, R., & Araiza, E. (2004). Calidad en frutos de Carambola(*Averrhoa carambola* L.) cosechada en cuatro estados de madurez. *Revista Chapingo*, 23-29.
- Silva, H., Sagardia, S., Seguel, O., Torres, C., Franck, N., & Cardemil, L. (2010). Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* M.). *Industrial Crops and Products January Vol. 31*, 20-27.
- Silverio, J., Salazar, C., & Arredondo, O. (2010). *Perfil Comercial del Carambolo*. Colima - Mexico: Gobierno del Estado de Colima.
- Stangaciu, S. (1997). *A guide to the composition and properties of poropolis*. Cosntanta: Romania.

- Tello, O., Garcia, R., & Vasquez, O. (2002). Conservacion de *Averrhoa carambola* L. "carambola" por azucar y calor. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 49 - 58.
- Tripathi, P., & Dubey, N. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* Vol.32, 235-245.
- Tuset, J. (1999). *Perspectiva del control de las podredumbres en la cosecha de cítricos*. Levante Agrícola .
- Valverde, J., Zapata, P., Diaz-Mula, H., Guillen, F., & Martinez-Romero, D. (2012). Aplicación Poscosecha de Gel de *Aloe vera* como tratamiento antibacteriano en Cereza . *Simposio Internacional sobre Ciruela y Cereza*.
- Vásconez, M., Flores, S., Campos, C., Alvarado, J., & Gerschenson, L. (2009). Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, 762-769.
- Walker, P., & Crane, E. (1987). Constituents of propolis. *Apidologie* Vol. 18, 327-334.
- Wan, C., & Lam, P. (1984). Biochemical changes, use of polyethylene bags and chilling injury of carambola (*Averrhoa carambola* L.) stored at various temperatures. *Pentanika*, 39-46.
- Wardowski, W., Nagy, S., & Grierson, W. (1986). *Fresh citrus fruits*: Avi Publishing. Westport.
- Xiong, J., & Hernandez, L. (2002). *Vida Útil (Shelf Life) de los alimentos*.
- Zhang, D., & Quantick, P. (1998). Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *Journal of Horticulture Science Biotechnology* Vol. 73, 763-767.

ANEXOS

ANEXO 1: ALMACENAMIENTO DE LA CARAMBOLA ENTERA

PRIMERA ETAPA. Optimización del almacenamiento

Tabla 33: Valores obtenidos durante el almacenamiento de carambola entera

T (°C)	R (% Gel)	Peso	ID	Manchas	Pardeamiento	Color	Firmeza	Brix	Acidez	pH
6.46	8.05	41.856	0.6374	2.125	1.75	93.975	3.6625	4.95	0.001512	2.19375
13.54	8.05	50.746	0.4374	1	2	86.225	6.05	5.9	0.00152	2.195
6.46	46.95	55.235	0.5124	1.375	1.75	85.8375	5.375	5.8	0.001464	2.14125
13.54	46.95	47.893	0.4624	0.875	1.5	86.2	4.81875	5.5125	0.00164	2.16875
5	27.5	54.216	0.5874	1.875	2	93.0625	4.275	4.46875	0.001664	2.235
15	27.5	43.903	0.4498	1	1.5	92.025	5.8875	5.75	0.001772	2.16875
10	0	51.661	0.5374	1.5	1.125	88.275	6.175	5.95	0.001464	2.21375
10	55	46.531	0.1248	1	0.875	83.7	5.375	5.275	0.001616	2.195
10	27.5	66.646	0.4874	1.25	1.625	90.825	4.95	4.7875	0.00156	2.2425
10	27.5	51.798	0.3874	0.75	1.25	88.6125	6.1	5.1625	0.001528	2.205
10	27.5	46.043	0.2624	1.125	0.875	88.6875	5	5.3875	0.001552	2.245
10	27.5	49.145	0.5124	1.125	0.875	88.3	4.175	5.8625	0.001576	2.14625

Tabla 34 : Ecuaciones de gráficos para el DCC

FACTOR	FORMA DE LA CURVA	ECUACIÓN
Índice de Daños	silla de montar	$ID = 1.40256 - .15070 * T + .006 * T^2 - .00710 * \%Gel - .00004 * \%Gel^2 + .00054 * T * \%Gel$
Peso	cresta ascendente	$P = 19.17147 + 4.69489 * T - .17672 * T^2 + .92904 * \%Gel - .00579 * \%Gel^2 - .05893 * T * \%Gel$
Presencia de Manchas	Valle	$M = 4.66388 - .46334 * T + .01498 * T^2 - .046478 * \%Gel + .0002 * \%Gel^2 + .00226 * T * \%Gel$
Firmeza	silla de montar	$F = .46640 + .60036 * T - .00805 * T^2 + .06687 * \%Gel + .00065 * \%Gel^2 - .01068 * T * \%Gel$
Color	silla de montar	$C = 110.52411 - 3.38786 * T + .11324 * T^2 - .11777 * \%Gel - .00492 * \%Gel^2 + .02945 * T * \%Gel$
°Brix	silla de montar	$^{\circ}Bx = 3.2777 + .29134 * T - .00401 * T^2 + .0125 * \%Gel + .00053 * \%Gel^2 - .00449 * T * \%Gel$
Acidez	silla de montar	$Ac = .00195 - .00009 * T + .000004 * T^2 + .0000002 * \%Gel - .00000008 * \%Gel^2 + .0000006 * T * \%Gel$
pH	cresta ascendente	$pH = 2.16966 + .01273 * T - .00088 * T^2 - .00021 * \%Gel - .00003 * \%Gel^2 + .000095 * T * \%Gel$
Pardeamiento	Valle	$P = 4.21371 - .60013 * T + .03125 * T^2 + .01041 * \%Gel + .000041 * \%Gel^2 - .00181 * T * \%Gel$

Tabla 35: Valores óptimos de las variables respuesta en forma individual

Atributo en estudio	Valor deseado	Temperatura optima (°C)	Recubrimiento optimo (% gel)
Índice de daños	0.1248	10	55
Peso (%)	41.85	0.561	83.03
Presencia de Manchas	0.75	12.76	35.26
Firmeza (Kg/cm ²)	6.175	11.06	39.47
Color (°Hue)	99.7	8.57	24.33
°Brix	5.9	12.74	42.04
Acidez (ac. Cítrico)	0.001464	8.37	32.74
pH	2.245	7.77	10.29
Pardeamiento de aristas	0.875	16.57	24.18

SEGUNDA ETAPA: Análisis microbiológico

En esta etapa se realizó una comparación múltiple determinando el ANVA, y una prueba de Tukey para determinar la diferencia significativa entre los tratamientos, los valores utilizados para cada análisis son:

Tabla 36: Datos de la carambola tratada entera conservada a 15 °C

	C	E1	E2	E3
1	2	0	2	2
2	1	1	1	1
3	4	1	1	3
4	3	1	2	2
5	4	1	2	2
6	3	2	1	3
7	4	2	3	3
8	4	2	3	4
9	4	3	2	3

Tabla 37: Datos de la carambola tratada entera conservada a 20 °C

	C	E1	E2	E3
1	2	1	1	1
2	1	0	0	0
3	0	0	3	0
4	3	2	2	2
5	4	1	1	1
6	3	1	3	1
7	4	3	3	3
8	4	2	2	3
9	4	1	4	2

Tabla 38: Datos de la carambola tratada entera conservada a 25 °C

	C	E1	E2	E3
1	1	1	2	0
2	0	0	1	2
3	2	3	4	1
4	2	3	3	2
5	4	2	2	2
6	4	1	4	2
7	4	4	4	3
8	4	3	3	4
9	4	2	4	3

ANALISIS MICROBIOLOGICO, escala hedónica para realizar el análisis cualitativo sensorial del desarrollo de *Botrytis cinerea*

ESCALA HEDÓNICA

Valor 0



Valor 1



Valor 2



Valor 3



Valor 4



ANEXO 2: GRÁFICOS Y PROCEDIMIENTO DE LA CINÉTICA DE DETERIORO DE LA CAMRABOLA MINIMAMENTE PROCESADA

A continuación detallamos el análisis químico y sensorial de carambola mínimamente procesada.

ANÁLISIS QUÍMICO

Para determinar la cinética de deterioro, determinaremos el valor de las variables para la ecuación de Arrhenius (Ec. 2): $K = K_0 \frac{E_a}{RT}$, pasamos a la forma logarítmica “ $\ln K = \ln K_0 - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$ ”. Igualando a una regresión lineal: “ $Y = a - bx$ ”, tenemos entonces: $\ln K = Y$, $\ln K_0 = a$, $\frac{E_a}{R} = b$, $\frac{1}{T} = x$

Tabla 39: Valores obtenidos para los sólidos solubles “°BRIX” :

	C			MP1			MP2			MP3		
Días / T (°C)	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25
0	5.9	6	4.3	4.7	6.1	5.9	5.2	6	4.8	5.1	6.2	4.9
2	6.3	6.4	4.7	5	6.4	6.2	6.2	7	5.8	5.7	6.8	5.5
4	6.7	6.8	5.1	5.2	6.6	6.4	6.7	7.5	6.3	6.1	7.2	5.9
6	7.1	7	5.4	5.9	7.3	7.1	6.9	7.7	6.3	6.4	7.5	6.2

Desarrollo de la Cinética de deterioro con respecto a los sólidos solubles

i. Graficamos “Días” con respecto a “°Brix”

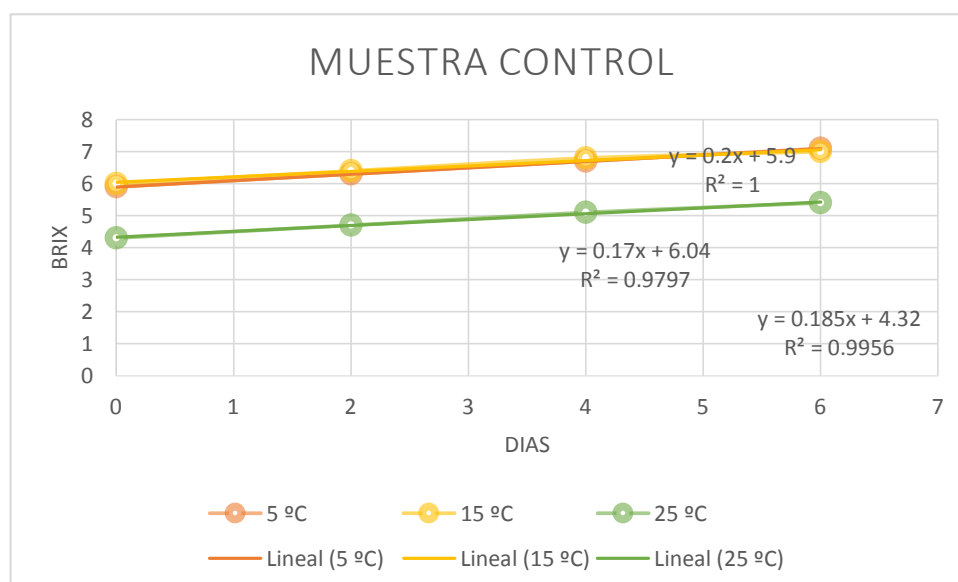
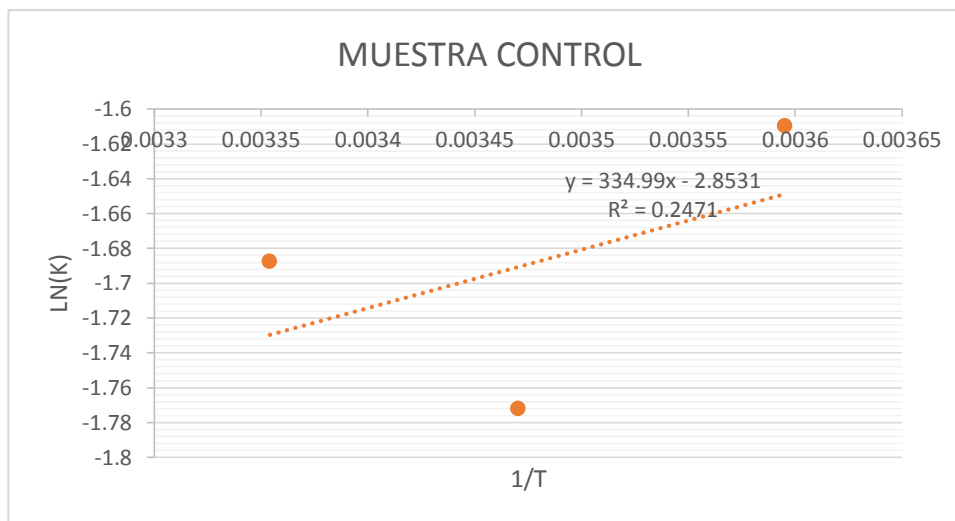


Tabla 40: valores para graficar Ln(K) vs 1/T

T (°C)	T(°K)	1/T	K	ln(N)
5	278.15	0.003595182	0.2	-1.60943791
15	288.15	0.003470415	0.17	-1.77195684
25	298.15	0.003354016	0.185	-1.68739945

ii. Graficamos “Ln(K)” con respecto a “1/T”



iii. Hallando Ln (K₀) y $\frac{E_a}{R}$

$$\ln(K_0) = 2.8531, K_0 = 1.0484$$

$$-\frac{E_a}{1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot K} = 334.99, E_a = 665.625 \text{ cal/ mol.K}^*$$

*E_a: Es la mínima energía que deben poseer las moléculas antes de ocurrir la reacción

iv. Hallaremos “K”, reemplazando los valores obtenidos con anterioridad en la ecuación de Arrhenius (Ec. 2):

$$K = K_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

A temperatura de 5 °C (277.15 °K):

$$K = 0.248889 e^{-\frac{10727.2169}{1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mo.K}} \cdot (278.15^\circ\text{K})}}$$

$$K = 0.9447 \text{ cal. Mol}$$

A temperatura de 15 °C (287.15 °K):

$$K = 0.248889 \frac{10727.2169}{1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mo.K}} (287.15^\circ\text{K})}$$

$$K = 0.9465$$

A temperatura de 25 °C (297.15°K):

$$K = 0.248889 \frac{10727.2169}{1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mo.K}} (297.15^\circ\text{K})}$$

$$K = 0.9483$$

v. Hallamos el tiempo de vida útil de la muestra control conservada a cada temperatura, utilizando la Ec. 3:

Para 5 °C:

$$t = \frac{Brix_f - Brix_o}{k}, \quad \text{reeemplazando los valores : } t = \frac{6.0 - 4.9}{1.7557} = 1.27 \text{ dias}$$

Para 15 °C:

$$t = \frac{Brix_f - Brix_o}{k}, \quad \text{reeemplazando los valores : } t = \frac{6.1 - 5}{1.7122} = 1.06 \text{ dias}$$

Para 25 °C:

$$t = \frac{Brix_f - Brix_o}{k}, \quad \text{reeemplazando los valores : } t = \frac{7.0 - 5.8}{1.6815} = 1.16 \text{ dias}$$

Hallamos el factor Q10

$$Q_{10} = \frac{\text{velocidad a temperaturas } (T+10^\circ\text{C})}{\text{velocidad a temperaturas } T^\circ\text{C}}, \quad Q_{10} = \frac{0.9482}{0.9446} = 1.004$$

Se muestran los datos obtenidos para estimar la vida útil y efecto de la temperatura para los °Brix, pH y acidez en las muestras conservadas 5°C, 15°C y 25°C:

Tabla 41: Resumen de datos para obtener la cinética de deterioro con respecto a los °Brix

	$\ln(K)$	$-\frac{E_a}{R}$	K_0	E_a	K		
					5	15	25
Control	2.853	334.99	1.048	665.625	0.9447	0.946	0.948
MP1	1.660	0	0.5072	0	1	1	1
MP2	0.515	212.31	0.6624	421.85997	1.3709	1.3559	1.3421
MP3	1.537	0	0.4298	0	1	1	1

Tabla 42: Valores obtenidos para el pH

	C			MP1			MP2			MP3		
Días / T	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25
0	1.93	2.52	2.25	1.81	1.96	1.81	1.79	1.94	1.83	1.79	1.86	1.78
2	2.57	2.87	3.37	1.88	2.04	2.12	1.84	2.02	2.17	1.82	1.9	2.1
4	2.92	2.04	3.1	1.9	2.13	2.33	1.93	2.12	2.4	2	2.15	2.36

Tabla 43: Resumen de datos para obtener la cinética de deterioro con respecto al pH

	$\ln(K)$	$-\frac{E_a}{R}$	K_0	E_a	K		
					5	15	25
Control	4.099	694.07	1.411	1379.117	2.3601	2.2908	2.2280
MP1	0.223	721.96	1.497	1434.535	2.8497	2.7480	2.6564
MP2	3.96	517.27	1.376	1027.815	1.8112	1.7742	1.7404
MP3	1.1509	212.75	0.141	422.734	0.2466	0.2349	0.2229

Tabla 44: Valores obtenidos para la acidez

	C			MP1			MP2			MP3		
Días / T	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25
0	0.0029	0.0010	0.0029	0.0014	0.0013	0.0018	0.0013	0.0020	0.0017	0.0011	0.0017	0.0011
2	0.0014	0.0019	0.0016	0.0012	0.0017	0.0013	0.0008	0.0016	0.0012	0.0015	0.0015	0.0015
4	0.0011	0.0012	0.0008	0.0020	0.0011	0.0017	0.0019	0.0008	0.0017	0.0016	0.0016	0.0016

Tabla 45: Resumen de datos para obtener la cinética de deterioro con respecto a la acidez

	Ln(K)	$-\frac{E_a}{R}$	K₀	E_a	K		
					5	15	25
Control	0.008	3.3209	0.015	1.2002	1	1	1
MP1	0.115	30.68	3.423	0.2287	1.0020	1.0019	1.0019
MP2	0.104	28.02	3.33	0.2066	1.0018	1.0017	1.0017
MP3	0.011	4.5466	1.514	0.0222	1.0001	1.0001	1.0001

ANALISIS SENSORIAL

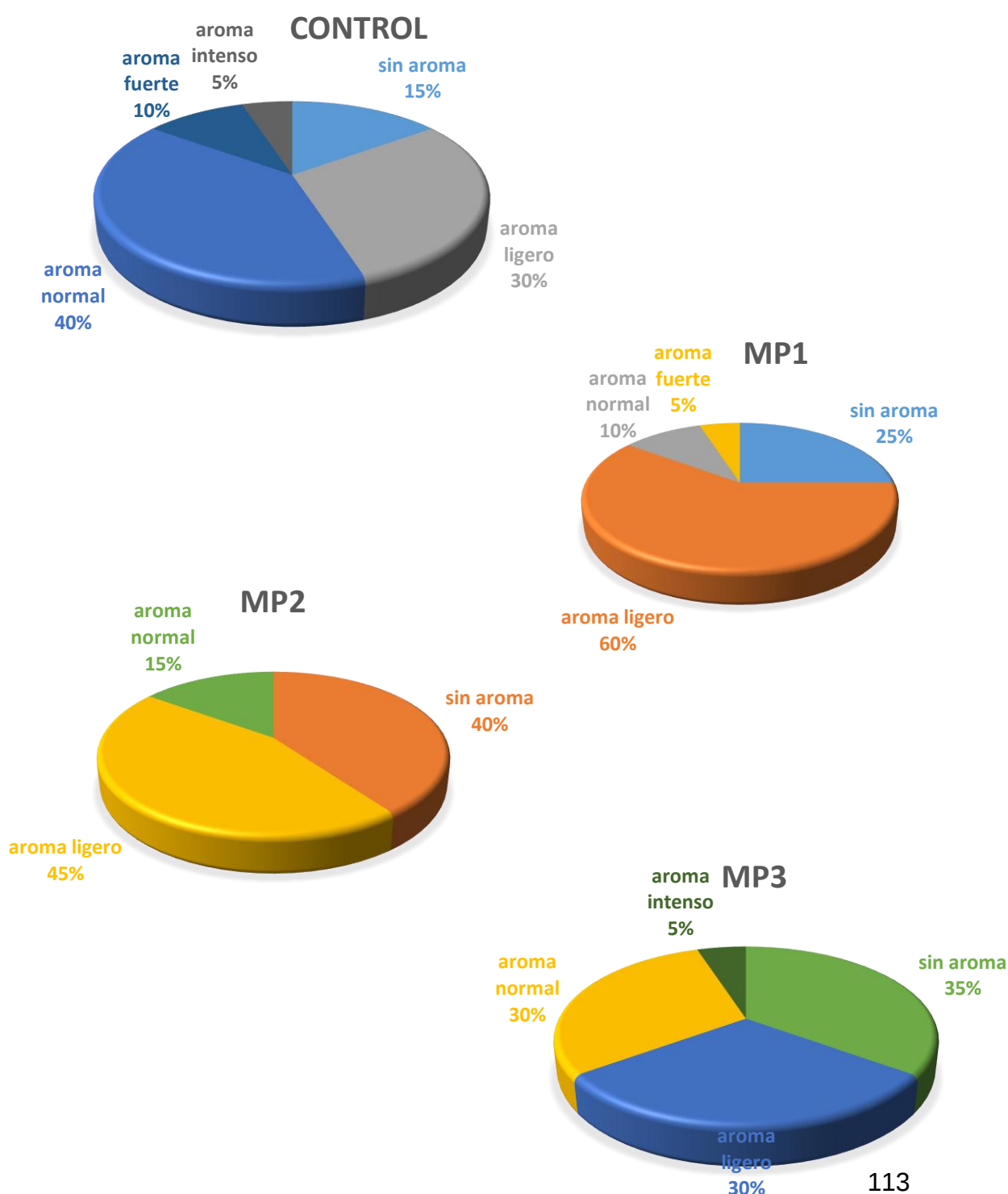
Para este análisis se contó con la presencia de veinte panelistas no calificados, se tomaron en cuenta cuatro características organolépticas: aroma, sabor, color y textura de las cuales evaluaremos el efecto que tiene el recubrimiento sobre cada una de ellas; se realizó una encuesta para las muestras conservadas a 15 °C con los recubrimientos MP1, MP2 Y MP3.

A continuación se muestra la variación gráfica para cada atributo:

AROMA

La aplicación del RC mantiene el aroma entre los valores 0 (sin aroma) y 1 (aroma ligero) en la escala hedónica, esto indica que el recubrimiento tiende a reducir el aroma característico de la carambola. En el Figura 33 vemos las preferencias de los panelistas

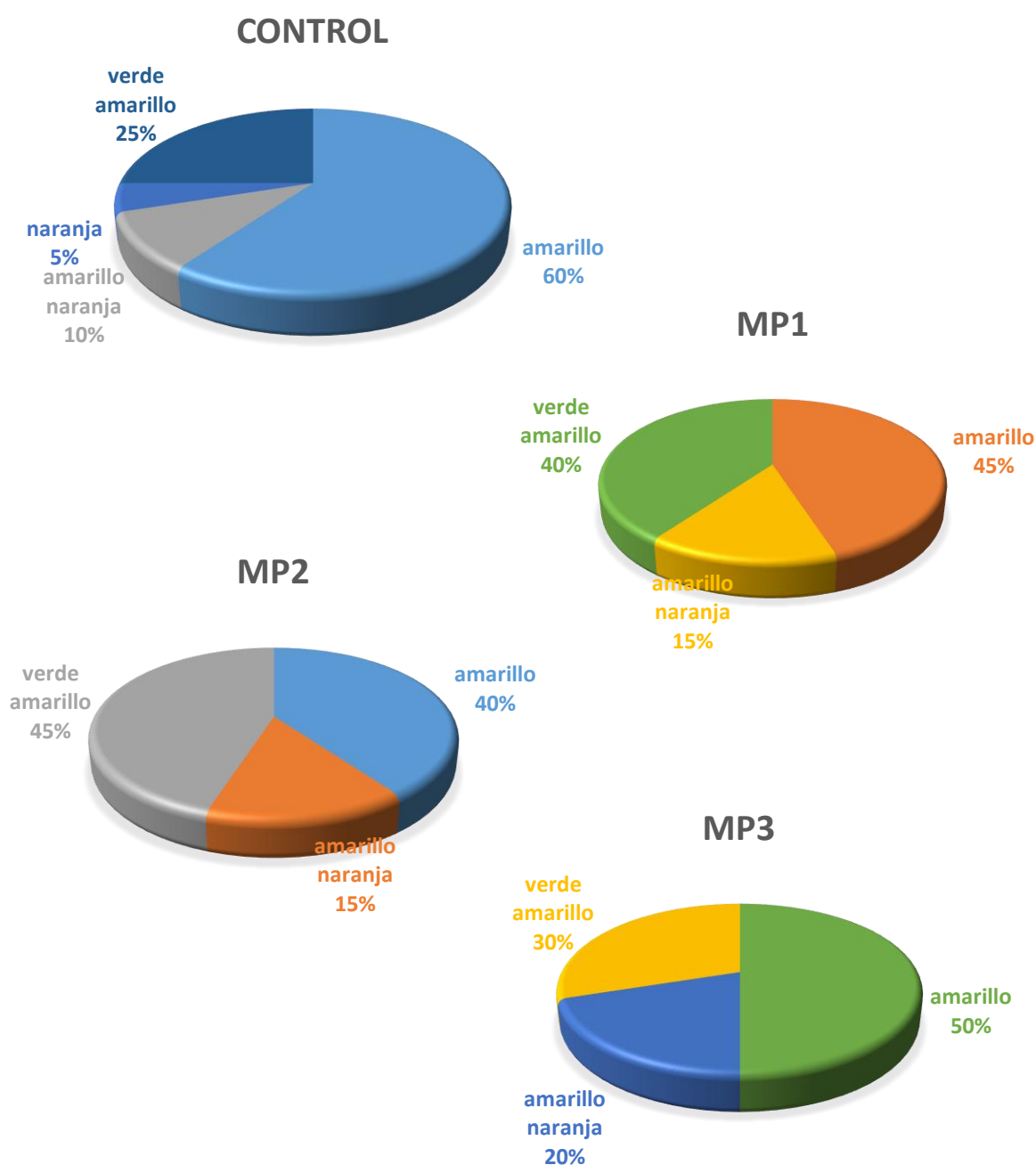
Figura 33: Análisis porcentual del Aroma



COLOR

La aplicación del RC mantiene el color entre los valores de la escala 1 (amarillo verde) y 2 (amarillo), los colores se tomaron en referencia a la tonalidad obtenida en °Hue con respecto al ángulo de matiz para las muestras control de carambola (Boscarol, 2007) indicando que el RC no altera la evolución del color. En el Figura 34 vemos las preferencias de los panelistas.

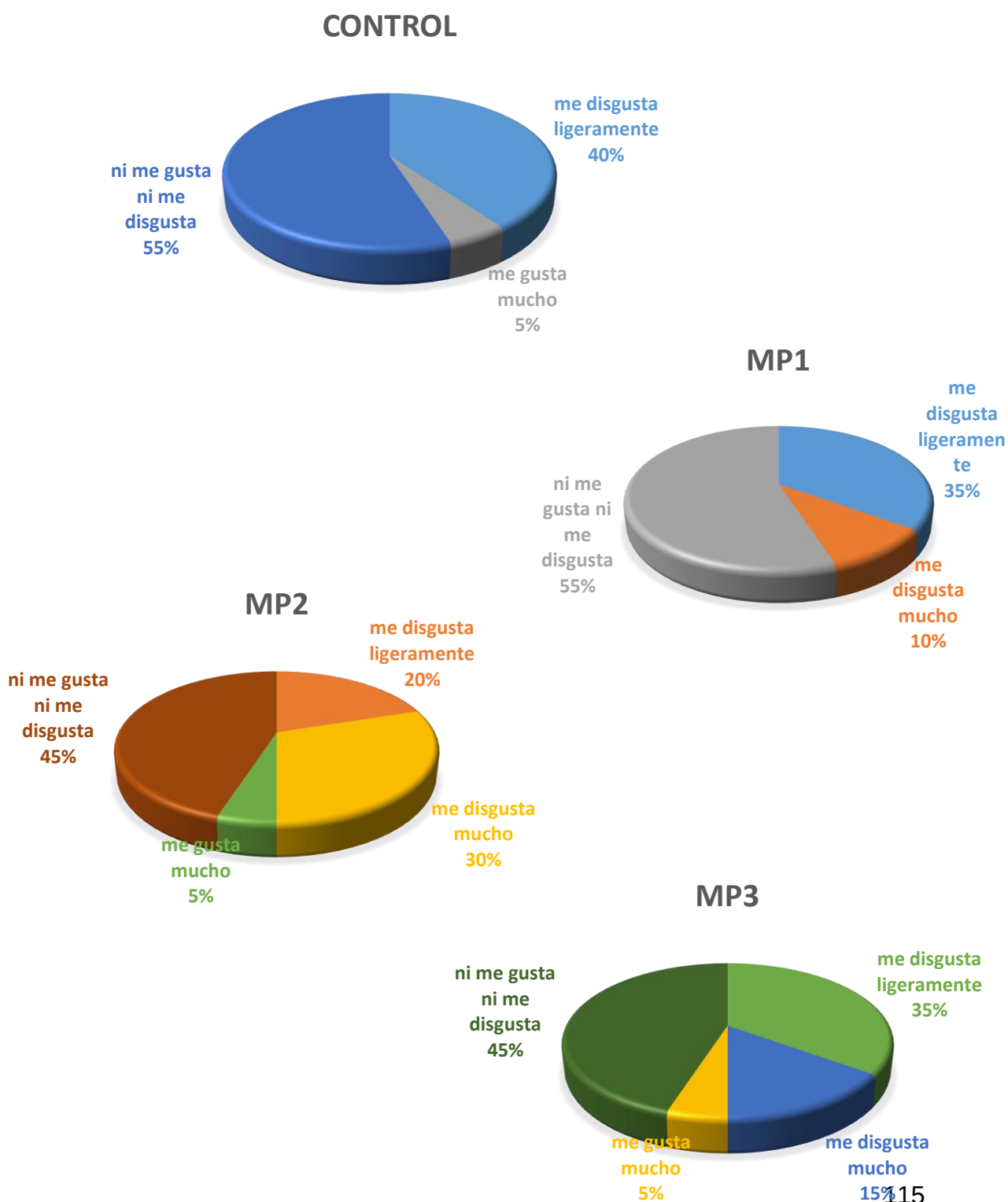
Figura 34: Análisis porcentual del color.



SABOR

La aplicación del RC mantiene el sabor entre los valores del rango de 1 (me disgusta ligeramente) y 2 (ni me gusta ni me disgusta) valores similares a la muestra control. En el Figura 35 vemos las preferencias de los panelistas

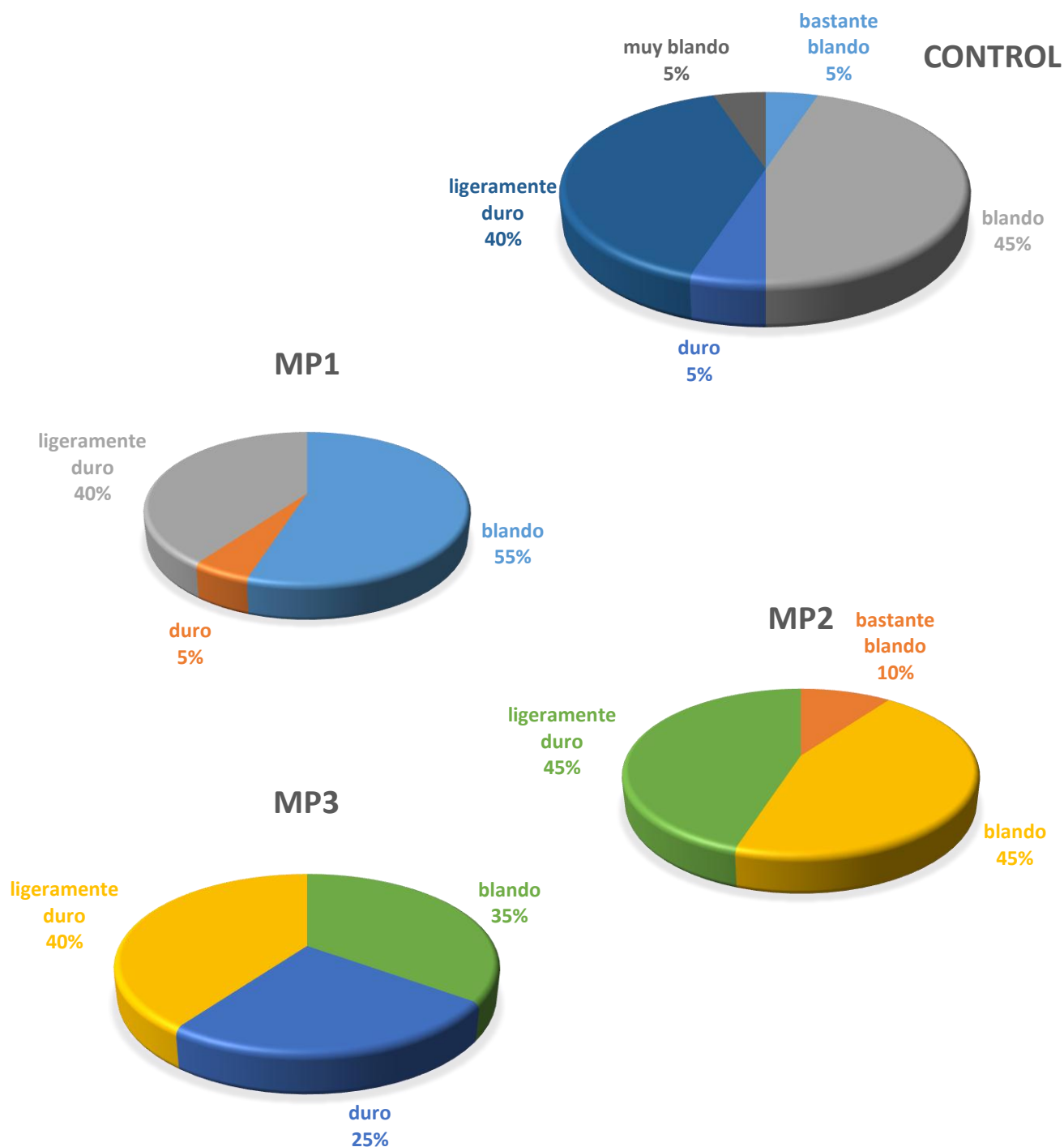
Figura 35: Análisis porcentual de sabor



TEXTURA

La aplicación del RC mantiene la textura entre el rango de valores 1 (ligeramente duro) y 2 (blando) similar a la muestra control. En el Figura 36 vemos las preferencias de los panelistas.

Figura 36: Análisis porcentual de textura



ANEXO 3: ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL

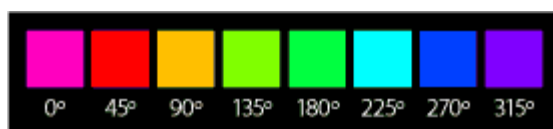
Encuesta sensorial para la evaluación de la cinética de deterioro de la carambola mínimamente procesada

PRODUCTO: Carambola mínimamente procesada conservada con recubrimiento comestible elaborado con gel de sábila.

AROMA	1ra Muestra	2da Muestra	3ra Muestra
El RC modifica el aroma			
0: Sin aroma			
1: aroma ligero			
2: aroma normal			
3: aroma fuerte			
4: aroma intenso			
COLOR	1ra Muestra	2da Muestra	3ra Muestra
El RC modifica el color			
0: verde			
1: verde amarillo			
2: amarillo			
3: amarillo naranja			
4: naranja			
TEXTURA	1ra Muestra	2da Muestra	3ra Muestra
El RC modifica la textura			
0: duro			
1: ligeramente duro			
2: blando			
3: bastante blando			
4: muy blando			
SABOR	1ra Muestra	2da Muestra	3ra Muestra
El RC modifica el sabor			
0: me disgusta mucho			
1: me disgusta ligeramente			
2: ni me gusta ni me disgusta			
3: me gusta ligeramente			
4: me gusta mucho			
COMENTARIO			

SUGERENCIAS

****REFERENCIA:** Tonalidad correspondientes a los ángulos de matiz.



***FUENTE:** (Boscarol, 2007)

ANEXO 4: FOTOS DEL EXPERIMENTO



ANEXO 5: Constancia de espécimen botánico carambola - Laboratorio De Taxonomía



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL

CONSTANCIA

EI QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA U. N. A. PUNO, HACE CONSTAR QUE EL ESPECÍMEN BOTÁNICO PUESTO A LA VISTA PERTENECE A LA ESPECIE *Averrhoa carambola* "Carambola" que según el Sistema de Clasificación Filogenético de Adolph Engler posee la siguiente Posición Taxonómica.

REINO Vegetal
SUB REINO Phanerogamae
DIVISIÓN Angiospermae
CLASE Dicotyledoneae
SUB CLASE: Archychlamydeae
ÓRDEN Geraniales
FAMILIA Oxalidaceae
GÉNERO Averrhoa
ESPECIE *Averrhoa carambola* L.

SE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A PETICIÓN ESCRITA DE LA INTERESADA: Srta. JENNIFER ESTEFANY EDUARDO PALOMINO Y PARA LOS FINES QUE VIERE POR CONVENIENTE.

PUNO, C.U. 22 de Abril del 2015



MARIO A. SOLANO LARICO
Jefe Laboratorio Taxonomía Vegetal
FCA UNA - PUNO

ANEXO 6: Constancia de espécimen botánico Sábila - Laboratorio De Taxonomía


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL

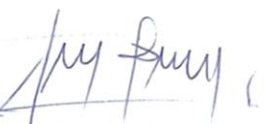

CONSTANCIA

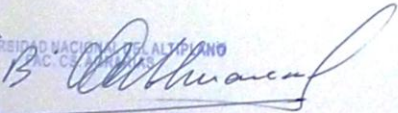
EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA U. N. A. PUNO, HACE CONSTAR QUE EL ESPECÍMEN BOTÁNICO PUESTO A LA VISTA PERTENECE A LA ESPECIE *Aloe vera* "Sábila" o "Aloe" que según el Sistema de Clasificación Filogenético de Adolph Engler posee la siguiente Posición Taxonómica.

REINO Vegetal
 SUB REINO Phanerogamae
 DIVISIÓN Angiospermae
 CLASE Monocotyledoneae
 ÓRDEN Liliales
 FAMILIA Liliaceae
 GÉNERO Aloe
 ESPECIE *Aloe barbadensis* Mill. o *Aloe vera* (L.) Web.

SE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A PETICIÓN ESCRITA DE LA INTERESADA: Srta. JENNIFER ESTEFANY EDUARDO PALOMINO Y PARA LOS FINES QUE VIEREN POR CONVENIENTE.

PUNO, C.U. 20 de Abril del 2015



ING. MARIO A. SOLANO LARICO
 Jefe Laboratorio Taxonomía Vegetal
 FCA UNA - PUNO



DECANO
 Sr. M. Alfredo Callohuanca P.
 DECANO