



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



**Efecto antimicrobiano de un recubrimiento activo con aceite esencial de flor de
canela en mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*)**

Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Juan Carlos Cáceres Navas.

Tutor: Ing. MSc. Mirari Yosune Arancibia Soria, PhD.

Ambato – Ecuador

Julio 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. MSc. Mirari Yosune Arancibia Soria, PhD.

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 22 de Julio del 2019



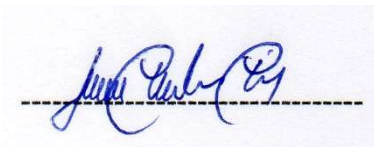
Ing. MSc. Mirari Yosune Arancibia Soria, PhD.

C.C. 1802142461

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Carlos Cáceres Navas, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Juan Carlos Cáceres Navas.

C.C. 1803930732

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:




Presidente de Tribunal



Ing. Alex Fabián Valencia Silva, Mg.

C.C. 180312108-4



Ing. Diego Manolo Salazar Garcés, Mg.

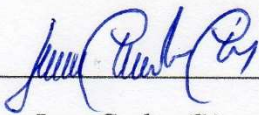
C.C. 180312429-4

Ambato, 30 de Julio del 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Juan Carlos Cáceres Navas.

C.C. 1803930732

AUTOR

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, que me permitieron realizar mis estudios en la Carrera de Ingeniería Bioquímica

A los docentes que formaron parte de mi formación Académica.

A la Dra. Mirari Arancibia por su apoyo incondicional, enseñanza y guía en todo el proceso del proyecto de investigación, en la cual tengo el orgullo de haber trabajado junto a una gran persona además de ser una excelente profesional que me brindo una amistad absoluta.

A mis amigos, Paul Paredes, Arturo de la Cruz, Nelly Ortiz, Fernanda Núñez, Belén Quispilema, porque siempre me estuvieron alentando en todo momento y en especial al Dr. Roman Rodríguez y David Luna por que estuvieron constantemente aconsejándome y animándome.

A mis suegros y cuñada que siempre me apoyaron y me extendieron una mano de ayuda.

DIDICATORIA

Este trabajo dedico a dos personas muy importantes en mi vida, que vivieron junto a mí y compartieron muchas experiencias por largo tiempo, Olguita Navas (+) y Matilde Navas (+), quienes estuvieron en todo momento escuchándome, aconsejándome y guiándome, y tuvieron la ilusión de este momento.

A mi papa y mis hermanos que se mantuvieron junto a mi dándome fortaleza y cariño.

A mis amados hijos Mateo, Paula, Juan Andrés y Juan José que son mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

A la compañera de mi vida, apoyo y soporte, te dedico con todo mi cariño y amor Danny

Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DIDICATORIA	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
INDICE DE TABLAS.....	xviii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	5
1. GENERALIDADES.....	5
1.1. TEMA:	5
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3. OBJETIVOS.....	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. HIPOTESIS.....	8
1.4.1. Hipótesis Nula (Ho):.....	8
1.4.2. Hipótesis Alternativa (Ha):.....	8
1.5. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.5.1. Variables Dependientes.....	9
Recubrimiento comestible en base de achira con y sin la adición del aceite esencial de flor de canela.....	9

1.5.2. Variables Independientes.....	9
CAPÍTULO II.....	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Mora de Castilla (<i>Rubus glaucus Benth</i>).....	10
2.2. Variables que determinan la comercialización de la mora.....	12
2.3. Recubrimientos comestibles.....	13
2.4. Tipos de recubrimientos	15
2.5. Recubrimientos con polisacáridos.....	16
2.6. Achira (<i>Canna indica</i>).....	18
2.7. Aceites esenciales.....	20
2.8. Aceite esencial de flor de canela	21
2.9. Acción antimicrobiana de los aceites esenciales.....	23
CAPÍTULO III	25
3. Metodología.....	25
3.1. Recolección y acondicionamiento de la materia prima.....	25
3.2. Formación del recubrimiento con harina de achira	26
3.3. Aplicación del recubrimiento	26
3.4. Almacenamiento.....	27
3.5. Análisis fisicoquímico.....	28
3.6. Análisis Microbiológico	28
3.7. Análisis Sensorial.....	30
3.8. Análisis de Dureza	30
3.9. Determinación de color	30
3.10. Análisis estadístico	31
CAPÍTULO IV	32
4. Análisis y discusión de resultados	32
4.1. Ensayo microbiológico.....	32
4.1.1. Bacterias mesófilas	32
4.1.2. Bacterias psicrótrofas	35

4.1.3. Mohos y levaduras.....	37
4.2. Análisis sensorial.....	39
4.3. Color.....	41
4.4. Análisis fisicoquímico.....	44
4.5. Análisis de textura.....	47
CAPÍTULO V	49
5. Conclusiones y Recomendaciones	49
5.1. Conclusiones	49
5.2. Recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	56
ANEXO A	56
A.1. Aerobios mesófilos	56
A.2. Aerobios psicrótrofos	60
A.3. Mohos y Levaduras	64
ANEXO B	69
B.1 Sabor	69
B.2. Aroma.....	70
B.3. Aceptabilidad	71
B.4. Textura	72
ANEXO C	74
C1. Parámetro de Color -Luminosidad	74
C2. Parámetro de Color – Cromaticidad (a*)	78
C3. Parámetro de Color – Cromaticidad (b*)	82
ANEXO D	86
D.1 pH.....	86
D.2 Acidez	90
D.3 Dureza	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mora de castilla, <i>Rubus glaucus</i>	10
Ilustración 2: Zonas productoras de mora en Ecuador	11
Ilustración 3: Representación de la conservación de alimentos con y sin recubrimiento comestible.....	14
Ilustración 4: Clasificación de los recubrimientos comestibles en base a biopolímeros	16
Ilustración 5: Estructura básica de (a) unidades de glucosa, (b) amilose y (c) amilopectin17	
Ilustración 6: Rizoma de achira	18
Ilustración 7: Diagrama de flujo del proceso de extracción de almidón de achira.....	20
Ilustración 8: Estructura química del cinamaldehído, compuesto mayoritario del aceite esencial de flor de canela.....	22
Ilustración 9: Mecanismo de acción microbiana (Li, Tixier, & Chemat, 2014).....	24
Ilustración 10: Grado de Maduración de la mora de castilla de acuerdo a su coloración. .	25
Ilustración 11: Mora de castilla recubierta con la cobertura de harina de achira (izquierda) y control sin recubrimiento (derecha).....	27
Ilustración 12: Almacenamiento de las moras de castilla en envases perforados de polipropileno y en refrigeración.	28
Ilustración 13: Procedimiento para el análisis microbiológico.....	29
Ilustración 14: Proceso de inoculación	29
Ilustración 15: Efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite esencial de canela y el control (sin recubrimiento) en el crecimiento de bacterias aerobias mesófilas en moras almacenadas en refrigeración durante 8 días.....	33

Ilustración 16: Efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite esencial de canela y el control (sin recubrimiento) en el crecimiento de bacterias aerobias psicotrofas en moras almacenadas en refrigeración durante 8 días.....	36
Ilustración 17: Resultados del análisis de mohos y levaduras para muestra control (A), recubrimiento de achira (B) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (C).....	38
Ilustración 18: Efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite esencial de canela y el control (sin recubrimiento) en el crecimiento de mohos y levaduras en moras almacenadas en refrigeración durante 8 días.	38
Ilustración 19: Promedio de los atributos sensoriales de la mora control (sin recubrimiento), mora con recubrimiento y mora con recubrimiento y aceite esencial.	40
Ilustración 20: Evolución del parámetro de color L^* , en la zona ecuatorial evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).....	42
Ilustración 21: Evolución de los parámetros de color a^* , en la zona ecuatorial evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).....	43
Ilustración 22: Evolución de los parámetros de color b^* , en la zona ecuatorial evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).....	44
Ilustración 23: Evolución del pH en las moras de castilla, evaluados en evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).....	45

Ilustración 24: Evaluación de la acidez titulable en las moras de castilla, evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).....	46
Ilustración 25: Parámetros de dureza en las moras de castilla control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE), almacenadas durante 5 días.....	47
Ilustración 26: Parámetros de adhesividad en las moras de castilla control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE), almacenadas durante 5 días.....	48
Ilustración 27: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	57
Ilustración 28: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	58
Ilustración 29: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	59
Ilustración 30: Diferencias de las medias /Día 8 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	60
Ilustración 31: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	61
Ilustración 32: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	62
Ilustración 33: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	63

Ilustración 34: Diferencias de las medias /Día 8 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	64
Ilustración 35: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	65
Ilustración 36: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	66
Ilustración 37: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	67
Ilustración 38: Diferencias de las medias /Día 8 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	68
Ilustración 39: Diferencias de las medias /Sabor – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	70
Ilustración 40: Diferencias de las medias /Aroma – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	71
Ilustración 41: Diferencias de las medias /Aceptabilidad– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	72
Ilustración 42: Diferencias de las medias /Aceptabilidad– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	73
Ilustración 43: Diferencias de las medias /L*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	75
Ilustración 44: Diferencias de las medias /L*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	76
Ilustración 45: Diferencias de las medias /L*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	77

Ilustración 46: Diferencias de las medias / a^* – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas.....	79
Ilustración 47: Diferencias de las medias / a^* – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas.....	80
Ilustración 48: Diferencias de las medias / a^* – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas.....	81
Ilustración 49: Diferencias de las medias / b^* – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas.....	83
Ilustración 50: Diferencias de las medias / b^* – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas.....	84
Ilustración 51: Diferencias de las medias / b^* – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas.....	85
Ilustración 52: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	87
Ilustración 53: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	88
Ilustración 54: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	89
Ilustración 55: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	91
Ilustración 56: Diferencias de las medias /Día 3– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	92
Ilustración 57: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	93

Ilustración 58: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	95
Ilustración 59: Diferencias de las medias /Día 3– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	96
Ilustración 60: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas	97

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional de la mora de castilla por cada 100g de fruta	12
Tabla 2: Características útiles para la determinación el grado de madurez de la mora	13
Tabla 3: Tabla nutricional del almidón de sagú, almidón de maíz y almidón de yuca, por cada 100gr.....	19
Tabla 4: Recuento de las bacterias mesófilas presentes en la mora de Castilla.	32
Tabla 5. Evolución de los parámetros fisicoquímicos para la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).	46
Tabla 6: Evaluación de los parámetros de dureza, adhesividad y resiliencia, evaluados en MC, RC y RC-AE,.....	48
Tabla 7: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 1	56
Tabla 8: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 1 para la diferencia de las medias	56
Tabla 9: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 3	57
Tabla 10: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 3 para la diferencia de las medias	57
Tabla 11: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 5	58
Tabla 12: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 5 para la diferencia de las medias	58
Tabla 13: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 8	59
Tabla 14: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias	59
Tabla 15: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 1	60
Tabla 16: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 1 para la diferencia de las medias	60
Tabla 17: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 3	61
Tabla 18: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 3 para la diferencia de las medias	61

Tabla 19: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 5	62
Tabla 20: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 5 para la diferencia de las medias	62
Tabla 21: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 8	63
Tabla 22: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias	63
Tabla 23: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 1	64
Tabla 24: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias	64
Tabla 25: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 3	65
Tabla 26: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 3 para la diferencia de las medias	65
Tabla 27: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 5	66
Tabla 28: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 5 para la diferencia de las medias	66
Tabla 29: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 8	67
Tabla 30: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias	67
Tabla 31: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Sabor)	69
Tabla 32: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Sabor	69
Tabla 33: Pruebas simultaneas de Tukey	69
Tabla 34: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Aroma).....	70
Tabla 35: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Aroma.....	70
Tabla 36: Pruebas simultaneas de Tukey	70
Tabla 37: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Aceptabilidad)	71
Tabla 38: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Aceptabilidad	71
Tabla 39: Pruebas simultaneas de Tukey	72
Tabla 40: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Textura)	72
Tabla 41: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Textura	72
Tabla 42: Pruebas simultaneas de Tukey	73

Tabla 43: Análisis de Medias parámetro de color -Luminosidad	74
Tabla 44: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ Luminosidad.....	74
Tabla 45: Pruebas simultaneas de Tukey	74
Tabla 46: Análisis de Medias parámetro de color –Luminosidad.....	75
Tabla 47: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ Luminosidad.....	75
Tabla 48: Pruebas Simultaneas de Tukey.....	75
Tabla 49: Análisis de Medias parámetro de color -Luminosidad	76
Tabla 50: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ Luminosidad.....	76
Tabla 51: Pruebas Simultaneas de Tukey.....	77
Tabla 52: Análisis de Medias parámetro de color – a*	78
Tabla 53: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ a*	78
Tabla 54: Pruebas simultaneas de Tukey	78
Tabla 55: Análisis de Medias parámetro de color – a*	79
Tabla 56: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ a*	79
Tabla 57: Pruebas simultaneas de Tukey	79
Tabla 58: Análisis de Medias parámetro de color – a*	80
Tabla 59: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ a*	80
Tabla 60: Pruebas simultaneas de Tukey	81
Tabla 61: Análisis de Medias parámetro de color – b*	82
Tabla 62: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ b*.....	82
Tabla 63: Pruebas simultaneas de Tukey	82
Tabla 64: Análisis de Medias parámetro de color – b*	83
Tabla 65: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ b*.....	83
Tabla 63: Pruebas simultaneas de Tukey	83

Tabla 64: Análisis de Medias parámetro de color – b*	84
Tabla 65: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ b*	84
Tabla 63: Pruebas simultaneas de Tukey	84
Tabla 70: Análisis de Medias	86
Tabla 71: Comparaciones en parejas de Tukey	86
Tabla 72: Pruebas simultaneas de Tukey	86
Tabla 73: Análisis de Medias	87
Tabla 74: Comparaciones en parejas de Tukey	87
Tabla 75: Pruebas simultaneas de Tukey	87
Tabla 76: Análisis de Medias	88
Tabla 77: Comparaciones en parejas de Tukey	88
Tabla 78: Pruebas simultaneas de Tukey	89
Tabla 79: Análisis de Medias	90
Tabla 80: Comparaciones en parejas de Tukey	90
Tabla 72: Pruebas simultaneas de Tukey	90
Tabla 82: Análisis de Medias	91
Tabla 83: Comparaciones en parejas de Tukey	91
Tabla 84: Pruebas simultaneas de Tukey	91
Tabla 85: Análisis de Medias	92
Tabla 86: Comparaciones en parejas de Tukey	92
Tabla 87: Pruebas simultaneas de Tukey	93
Tabla 88: Análisis de Medias	94
Tabla 89: Comparaciones en parejas de Tukey	94
Tabla 90: Pruebas simultaneas de Tukey	94

Tabla 91: Análisis de Medias	95
Tabla 92: Comparaciones en parejas de Tukey	95
Tabla 93: Pruebas simultaneas de Tukey	95
Tabla 94: Análisis de Medias	96
Tabla 95: Comparaciones en parejas de Tukey	96
Tabla 96: Pruebas simultaneas de Tukey	97

RESUMEN

La mora de castilla es considerada originaria de Sudamérica, se produce en la zona centro interandina de Ecuador, siendo Tungurahua una de las provincias con mayor producción. Se sabe que contiene características nutricionales y antioxidantes que aportan al organismo. Debido a su textura suave en sus drupas y su mal manejo post cosecha, la hacen de naturaleza lábil y perecedera en muy poco tiempo.

En este trabajo se evaluó un recubrimiento a base de harina de achira con y sin la adición de aceite esencial de flor de canela al 1% frente a una muestra control de mora de castilla. Se realizaron análisis microbiológicos, sensoriales, fisicoquímicos, colorimétricos y de textura para determinar el efecto que presenta el recubrimiento. Se obtuvieron resultados positivos en el recubrimiento con aceite esencial de flor de canela; ya que es el que presenta mejor ataque microbiano. Se reportó una disminución de 1.32 y 1.17 log ufc/g menos que MC y RC respectivamente en RC-AE; mientras que en el día 8 presentó 1.38 y 1.33 log ufc/g menos que MC y RC respectivamente. El aceite esencial de canela muestra una actividad antimicrobiana efectiva y beneficios para la salud, por lo que se considera un potencial aditivo alimentario.

PALABRAS CLAVES: mora de castilla, recubrimiento comestible, aceite esencial de flor de canela, almidón de achira, efecto antimicrobiano

ABSTRACT

The blackberry is considered native of South America, occurs in the central inter-Andean zone of Ecuador, being Tungurahua one of the provinces with the highest production. It is known to contain nutritional and antioxidant characteristics that contribute to the body. Due to its soft texture in its drupes and its poor post harvest handling, they make it labile and perishable in a very short time.

In this work, a coating based on achira flour was evaluated with and without the addition of 1% cinnamon flower essential oil against a control sample of blackberry. Microbiological, sensory, physicochemical, colorimetric and texture analyzes were performed to determine the effect of the coating. Positive results were obtained in the coating with cinnamon flower essential oil; since it is the one that presents the best microbial attack. A decrease of 1.32 and 1.17 log cfu / g less than MC and RC respectively in RC-AE was reported; while on day 8 it presented 1.38 and 1.33 log cfu / g less than MC and RC respectively. Cinnamon essential oil shows an effective antimicrobial activity and health benefits, which is why it is considered a potential food additive.

PALABRAS CLAVES: blackberry, edible coating, cinnamon flower essential oil, achira starch, antimicrobial effect.

INTRODUCCIÓN

La mora de castilla, originaria de Sudamérica, es un cultivo que se adapta a diferentes condiciones agroclimáticas. Su siembra se la puede realizar desde el nivel del mar hasta una altura que supere los 2500 msnm. En países como Colombia, Ecuador, Brasil, Perú, Panamá, Honduras y Guatemala se produce en gran escala debido a la alta demanda que posee con base a su sabor y gran aporte nutricional por su contribución en vitaminas C y D, su naturaleza antioxidante y su bajo contenido calórico (Iza, Rojas, & Arguello, 2016).

En el Ecuador, su producción se concentra en zona centro interandina, especialmente en la provincia de Tungurahua. Según datos reportados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2000 la producción de mora fue de 10283 toneladas (Cárdenas, 2013). Sin embargo, al ser altamente perecedera, en los primeros días de almacenamiento tiene lugar la senescencia celular natural o ablandamiento de la pulpa, responsable de su firmeza, y por consiguiente se convierte en un limitante para su comercialización. A esto se suman las malas prácticas de cosecha, postcosecha que provocan pérdidas de aproximadamente un 70% - 80% de la cosecha total de la mora (Guzmán, Cuenca, & Tacuri, 2018).

La mora de castilla es uno de los productos más lábiles de la cadena hortofrutícola, aun conservándola en un clima adecuado de 0,1 °C y 80-95% de humedad relativa, su vida de anaquel varía entre 3 a 5 días aproximadamente, sin embargo, se la comercializa a temperaturas superiores a los 5 °C, lo que acorta su vida útil hasta 1 o 2 días, causando de esta manera grandes pérdidas en el mercado.

Las pérdidas postcosecha han obligado a la agroindustria a una constante innovación en lo que respecta a investigación y desarrollo. Las exigencias por parte de los consumidores para disponer de alimentos frescos, con mínimo procesado, de buena calidad, sanos, nutritivos y naturales, convierten en un verdadero reto la conservación de mora de castilla. En este sentido, los recubrimientos y películas comestibles de fuentes naturales juegan un papel importante ya que sustituyen a los aditivos químicos sintéticos por productos biodegradables (Fernández, y otros, 2015).

Se define como recubrimiento a las películas y coberturas finas y continuas que envuelven a los alimentos y tienen como única función prolongar su vida de anaquel. Se elaboran a base de polisacáridos, lípidos y proteínas, son biodegradables por su naturaleza y no son tóxicos. El mecanismo de conservación de los recubrimientos comestibles se basa en la creación de una barrera física que permita el control de humedad y la tasa de respiración de las frutas y hortalizas. Entre las ventajas que tiene la aplicación de recubrimientos comestibles están su fácil aplicación y procesamiento, bajos costos de producción, fácil disponibilidad y manipulación sencilla (Fernández, y otros, 2015).

La formulación de recubrimientos comestibles debe contar con tres elementos importantes: biopolímero, solvente y plastificante. En algunos casos se ha utilizado etanol como solvente y como plastificante al glicerol. Sin embargo, para formar la matriz polimérica se cuenta con una amplia gama de polisacáridos útiles que cumplen o no características específicas deseables dependiendo del alimento que se desee conservar. La celulosa, almidón, alginatos y quitosano son algunas de las matrices poliméricas ampliamente utilizadas para el desarrollo de recubrimientos.

El almidón, obtenido a partir de diferentes fuentes naturales, ha sido utilizado en varias investigaciones para el desarrollo de recubrimientos comestibles, mostrando resultados prometedores. En este sentido, la achira (*Canna indica L.*), una planta perenne nativa de los Andes, contiene en sus raíces materia prima interesante para la extracción de almidón y es considerada con gran potencial para su aplicación en alimentos. Actualmente, el almidón de achira se utiliza para la producción de pastas y como agente espesante para salsas, condimentos y sopas.

Asimismo, los recubrimientos comestibles deben ser aptos para el consumo humano, y proporcionar un valor agregado para el alimento. Características físicas como sabor, olor y apariencia son muy importantes, sin embargo, hay que tomar en cuenta que no todos cumplen con las particularidades exigidas, especialmente desde el punto de vista microbiológico. Los almidones no se caracterizan por su actividad antimicrobiana de ahí que se recomienda incorporar en la matriz polimérica un agente antimicrobiano, antioxidante y antifúngico que contribuya con la prolongación de la vida útil del producto (Velázquez & Guerrero, 2013). En este sentido, los aceites esenciales han demostrado propiedades bioactivas capaces de inhibir el crecimiento microbiano. Dentro de los aceites esenciales con actividad antimicrobiana, se encuentra el aceite esencial de flor de la canela (ishpingo).

El ishpingo (*Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae)) es un árbol de tamaño mediano originario del Ecuador amazónico, que se ha relacionado con propiedades aromáticas desde la época de los Incas, sin embargo, no es muy conocido fuera del Ecuador. El árbol produce cálices de flores grandes y leñosas. Los cálices abscísicos se cosechan cuando se talan de árboles silvestres y se usan tradicionalmente por los pueblos indígenas como especia, ya sea en estado fresco o seco, enteros o triturados. En los últimos años se ha generalizado su uso

en áreas no rurales bajo el nombre de flor de canela, debido a su perfume similar a la canela. Tradicionalmente se utiliza para aromatizar tartas, bebidas e infusiones, además de ser apreciado como aperitivo, eupéptico, desinfectante y como anestesia local. Por lo expuesto, resulta interesante evaluar el efecto antimicrobiano que tiene un recubrimiento bioactivo con base en almidón y aceite esencial de flor de canela, sobre la mora de castilla.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. TEMA:

“Efecto antimicrobiano de un recubrimiento activo con aceite esencial de flor de canela en mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*)”

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los estudios epidemiológicos han demostrado la importancia del consumo de frutas en la dieta humana para la prevención de enfermedades coronarias, cáncer, diabetes y accidentes cerebrovasculares. En este sentido se ha prestado especial atención a las especies de *Rubus* debido a su alta actividad antioxidante, pigmentos de antocianina y contenido fenólico. *Rubus* representa un género diverso de plantas distribuidas a nivel mundial como genotipos y especies silvestres y cultivadas. La mora de castilla es apreciada por su color atractivo (rojo oscuro), acidez, jugosidad, sabor superior y calidad en comparación con las moras y frambuesas más cultivadas.

En Ecuador, la producción anual de frutos de los Andes es de alrededor de 90000 toneladas. Una porción considerable de este cultivo se procesa en jugos naturales, mermeladas y jaleas. Sin embargo, alrededor del 30% del producto cosechado se desecha debido a las dificultades en la conservación postcosecha y su corta vida útil (Agrios 2001).

Por otro lado, la tendencia actual por lo natural y mínimamente procesado, representan un reto para la industria, especialmente en lo que respecta a conservación de

frutas y hortalizas frescas. En este sentido, los recubrimientos con polímeros sintéticos y biopolímeros representan una alternativa efectiva para su conservación ya que evitan la transpiración de las frutas prolongando así su vida útil. Sin embargo, los recubrimientos con polímeros sintéticos pueden causar problemas de toxicidad para el organismo, sin considerar que el mercado mundial para plásticos y poliolefinas demanda cada día más su producción especialmente en países desarrollados. Este hecho abre la posibilidad al desarrollo de recubrimientos con biopolímeros.

Los recubrimientos biopoliméricos están elaborados de materiales renovables de origen agroindustrial como por ejemplo los carbohidratos. Los recubrimientos con base en harinas y almidones como la achira, son altamente biodegradables, homogéneos y permiten ser mezclados con otros polímeros o compuestos con propiedades útiles para la industria como antimicrobianos, antifúngicos, antioxidantes, etc.

Varios investigadores han documentado las propiedades bioactivas de los aceites esenciales como la antioxidante, antifúngica y antimicrobiana y su aplicación en la industria farmacéutica, perfumería, cosmética, aromaterapia, alimentos y nutrición. El aceite esencial de flor de canela (*Ocotea quixus*) posee importantes propiedades antialérgicas, antiulcerogénicas, antipiréticas y anestésicas, antitumoral y antimicrobiana. La corteza produce un aceite esencial que contiene cinamaldehído y eugenol. con demostrada actividad antimicrobiana.

Por lo expuesto, esta investigación muestra los efectos de la aplicación de un recubrimiento de harina de achira con la incorporación de aceite esencial de flor de canela como método alternativo para contrarrestar la proliferación microbiana en fruto altamente perecedero que representa pérdidas económicas para el agricultor por sobre el 60%.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto antimicrobiano de un recubrimiento activo con aceite esencial de flor de canela en mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*)”

1.3.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un recubrimiento activo en base de achira con la incorporación de aceite esencial de flor de canela.
- Evaluar el efecto antimicrobiano del recubrimiento activo y la vida útil de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*).
- Evaluar el efecto del recubrimiento activo en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y de textura de la mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*).

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. Hipótesis Nula (H₀):

El recubrimiento comestible desarrollado a base de achira con adición de aceite esencial de canela no tiene efecto significativo en la actividad microbiológica, propiedades fisicoquímicas y de textura de la mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*).

1.4.2. Hipótesis Alternativa (H_a):

El recubrimiento comestible desarrollado a base de achira con adición de aceite esencial de canela tiene efecto significativo en la actividad microbiológica, propiedades fisicoquímicas y de textura de la mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*).

1.5. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. Variables Dependientes.

Recubrimiento comestible en base de achira con y sin la adición del aceite esencial de flor de canela.

1.5.2. Variables Independientes.

Efecto sobre las propiedades de textura, sensorial y actividad antimicrobiana del aceite esencial de flor de canela en la conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*)

También conocida como mora andina (Ilustración 1), perteneciente al grupo de las rosáceas, de morfología semirrecta y naturaleza trepadora, puede alcanzar hasta una altura de 3m y su fruto es una baya de color violeta oscuro, el mismo que varía de acuerdo a su proceso de maduración (Nativas, 2019). Es cultivada principalmente en Latinoamérica, en países como México, Ecuador, Panamá, Guatemala, Colombia, Honduras, y El Salvador (Sora, Fischer, & Florez, 2006). Los entornos agroecológicos para su desarrollo dependen de las condiciones climáticas y las características edáficas del suelo (Viteri, Vasquez, Viera, Sotomayor, & Mejia, 2014).



Ilustración 1: Mora de castilla, *Rubus glaucus* (Viteri, Vasquez, Viera, Sotomayor, & Mejia, 2014)

Se estima que el cultivo de la planta de mora se adapta mejor en zonas moderadamente frías, por lo que se recomienda que la altitud este en un rango de 2500 msnm a hasta 3000 msnm, con el fin de evitar heladas y prevenir la aparición bacteriana en el caso de zonas muy altas o bajas, respectivamente. La mayor producción ocurre en zonas con temperaturas de 12 a 14 °C. La precipitación varía durante el ciclo de entre 600 mm a 1000 mm y su cultivo se desarrolla mejor en suelos francos, arenosos y negros; ligeramente ácidos con un pH de 5,2 a 6,7 (Viteri, Vasquez, Viera, Sotomayor, & Mejia, 2014).

En Ecuador, la mora se cultiva en la zona centro interandina del país, en las provincias de Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Carchi e Imbabura (Sánchez, Villares, Ruiz, & Ruilova, 2018) (Ilustración 2). Según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2000 se documentó una producción total de 10283 toneladas al año; evidenciando así su elevada producción en manos de pequeños y grandes productores. (Cárdenas, 2013).



Ilustración 2: Zonas productoras de mora en Ecuador (Cárdenas, 2013)

2.2. Variables que determinan la comercialización de la mora

La mora de castilla es un producto altamente perecedero lo que limita su comercialización. En la etapa de cosecha, post cosecha y venta, el color, la forma, tamaño y peso presentan una elevada heterogeneidad, lo que provoca desventajas en el mercado y ocasiona grandes pérdidas económicas (Sánchez, Valenzuela, & Bohórquez., 2013)

Por las características físicas, fisiológicas y nutritivas, la mora de castilla es un producto con una alta demanda en el mercado. Contiene propiedades nutricionales que aportan beneficios al organismo ya que es una fruta rica en antioxidantes y baja en calorías. En la tabla 1 se muestran las características más importantes en lo que al valor nutricional comprende.

Tabla 1: Composición nutricional de la mora de castilla por cada 100g de fruta (*Vegaffinity, 2019*)

<i>Composición</i>	<i>Cantidad (g)</i>
Kcal	45
Carbohidratos	6,24
Proteínas	1,19
Fibra	3,16
Grasas	1
Na	2,4
Ca	44
Fe	0.9
P	30
K	190

Por otro lado, el grado de madurez de la mora es un parámetro importante, ya que de este depende su vida útil, tiempo de comercialización y su poder nutricional. Existen factores como peso, dimensiones, acidez, color, pH que determinan el estado de madurez de la fruta.

En la tabla 2 se enlistan las principales características a considerar para determinar el grado de madurez de la mora de castilla.

Tabla 2: Características útiles para la determinación el grado de madurez de la mora (Sánchez, Valenzuela, & Bohórquez., 2013)

Parámetro	Grado de Madurez		
	4	5	6
Peso (g)	6,85 ± 1,16	7,58 ± 1,48	7,77 ± 1,98
Longitud (mm)	27,29 ± 2,87	28,09 ± 3,49	27,05 ± 3,68
Diámetro mayor (mm)	18,81 ± 1,63	19,32 ± 1,68	20,22 ± 2,31
Diámetro menor (mm)	12,71 ± 1,76	12,09 ± 1,24	12,10 ± 1,69
Acidez (%)	3,23 ± 0,05	2,83 ± 0,03	2,88 ± 0,01
pH	2,71 ± 0,01	2,80 ± 0,07	3,57 ± 0,25

2.3. Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles (RC) son películas finas y delgadas que cubren la superficie del alimento y que pueden ser consumidas a la par. El único fin que tiene la aplicación de los recubrimientos comestibles es extender la vida útil del alimento cubierto; se usan en la parte exterior de los mismos y requieren cumplir características legales, inocuas y aceptables sensorialmente para el consumo humano. De esta manera se protege el producto del daño mecánico, químico y crecimiento microbiano que deteriora y disminuye su vida útil; evitando de esta manera las principales causas que los alteran y no lo hacen apto para el consumo humano. (Sánchez, Vargas, Martínez, & Cháfer, 2008)

Algunas de las funciones principales que cumplen los recubrimientos son (ilustración 3):

- Crea una barrera entre el alimento y el medio que lo rodea, así evita la pérdida o ganancia de humedad, la cual afecta la textura del mismo. Además, impide el intercambio de gases que oxidan lípidos, proteínas o vitaminas.
- Retrasa el cambio físico y químico, responsables de la integridad mecánica y el valor nutricional, color y sabor de los alimentos. (Valdés, 2015)

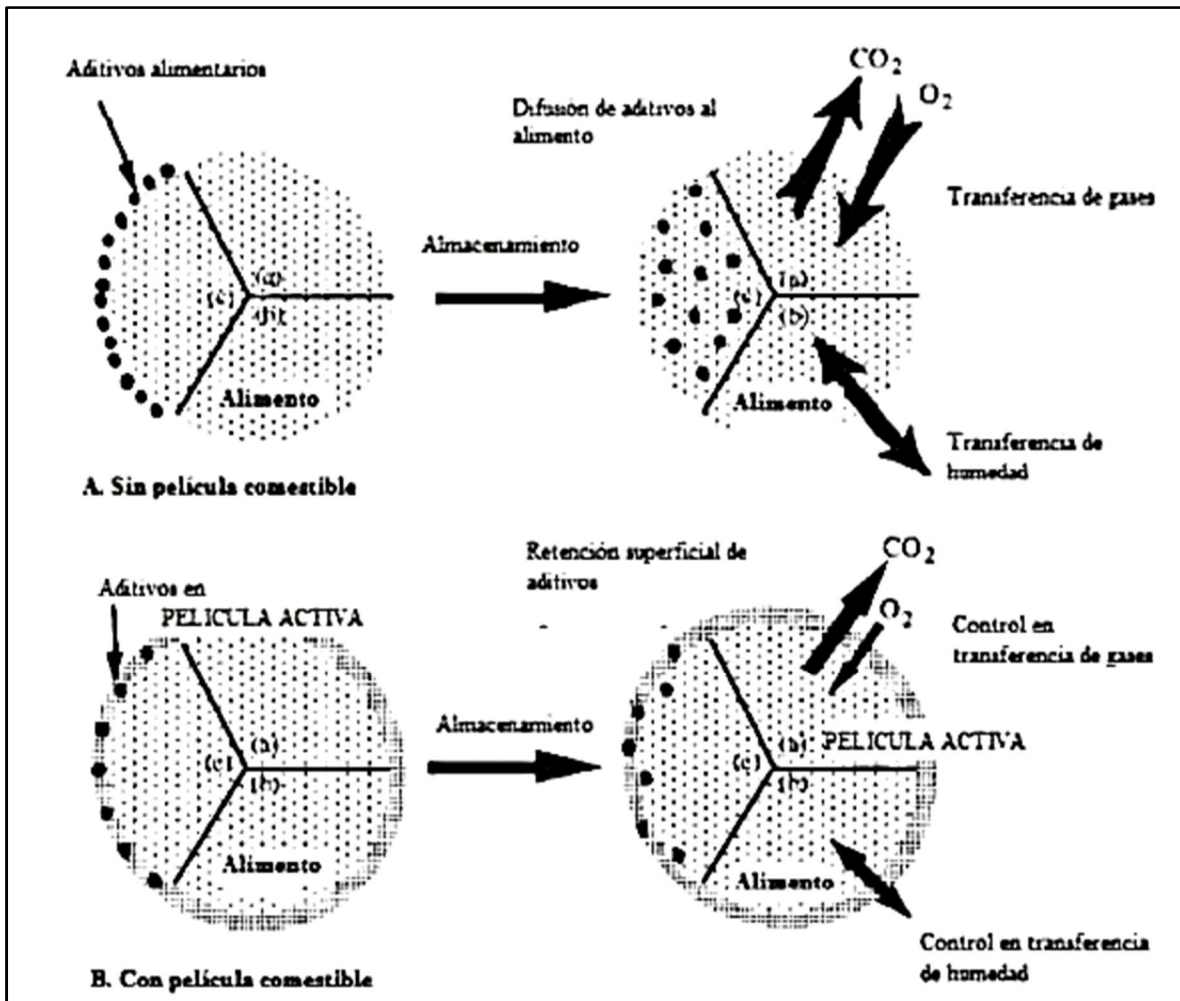


Ilustración 3: Representación de la conservación de alimentos con y sin recubrimiento comestible (Avila & López, 2008)

Los recubrimientos comestibles más comunes son los que se utilizan en frutas para sustituir su cera natural, de esta manera evitan la pérdida de agua para prolongar su tiempo

de almacenamiento. Estos recubrimientos están formados por matrices continuas a partir de lípidos, proteínas, aditivos, carbohidratos o mezclas de estos componentes para mejorar sus propiedades fisicoquímicas. Los recubrimientos comestibles han tenido resultados exitosos en los últimos años y han jugado un papel importante en la industria alimenticia; ya que preservan las características (apariencia fresca, firmeza, brillo, color, calidad y valor comercial) deseables para los consumidores de frutas y hortalizas (Moreira & Guerrero, 2014)

Sin embargo, hay que diferenciar muy bien la función que tienen los RC, ya que en ocasiones se los confunde con función que cumplen los empaques de polipropileno; los primeros actúan como un biopolímero capaz de mejorar y extender la calidad del alimento, mientras que los segundos actúan solo para el almacenamiento (Avila & López, 2008).

2.4. Tipos de recubrimientos

Los recubrimientos comestibles se forman a partir de tres componentes principales: polímero, solvente y plastificantes. Para la producción de recubrimientos comestibles; en especial en el recubrimiento para frutas, el uso de polisacáridos, lípidos y proteínas ha sido muy frecuente (ilustración 4) ; esto se debe a las características que poseen; ya que reducen la velocidad de transpiración y el proceso de senescencia (Moreira & Guerrero, 2014).

En algunos casos estos componentes han sido mezclados, recibiendo el nombre de películas compuestas, y se lo hace con el fin de combinar sus propiedades y formar mejores recubrimientos que cumplan con las exigencias de imponer una barrera para el paso de gases como oxígeno, vapor de agua y dióxido de carbono, contribuyendo de esta manera la conservación de los alimentos (Velázquez & Guerrero, 2013).

Se recomienda utilizar un solvente que no sea dañino para la solución, es decir que sea inocuo, en repetidas ocasiones se recomienda utilizar etanol. El plastificante aporta propiedades mecánicas al recubrimiento, el más utilizado es el glicerol.

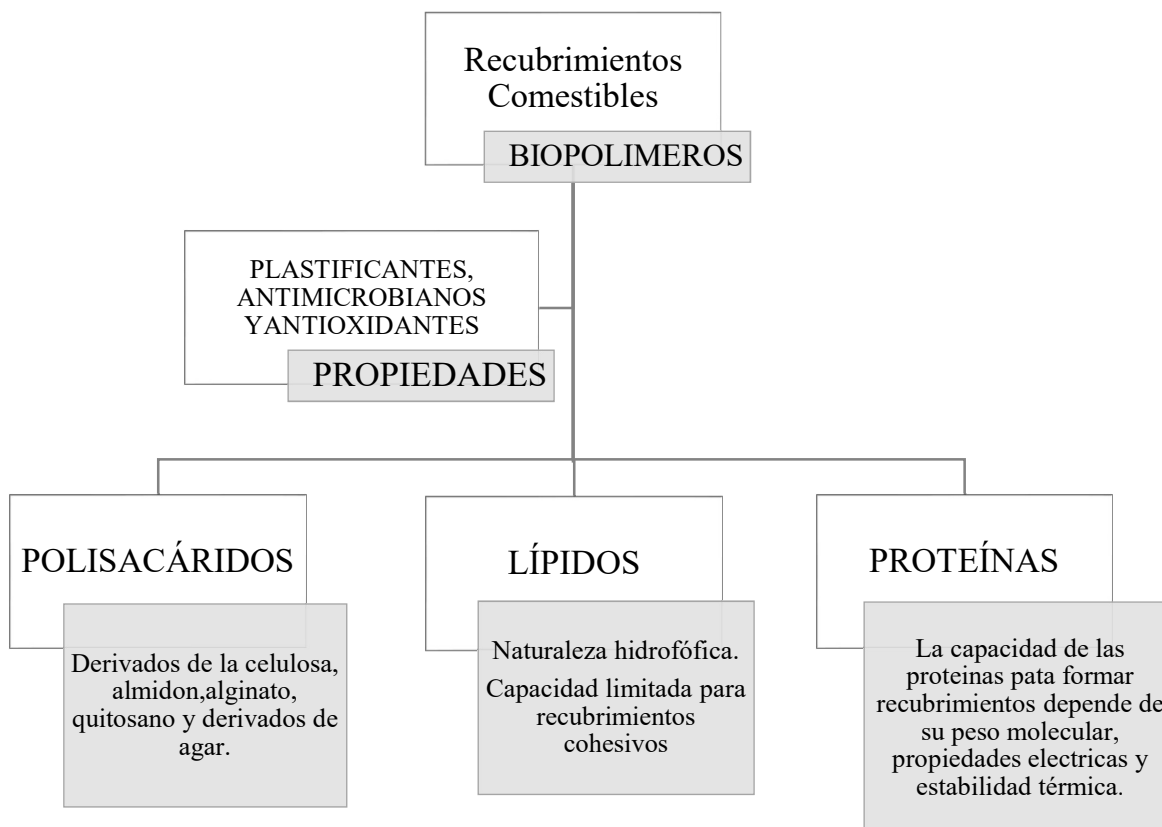


Ilustración 4: Clasificación de los recubrimientos comestibles en base a biopolímeros (Velázquez & Guerrero, 2013)

2.5. Recubrimientos con polisacáridos

Los recubrimientos formados a partir de derivados de celulosa, almidón, alginatos, quitosano o pectinas, son considerados capaces de formar una matriz flexible, homogénea, transparente y adherente a la superficie de los alimentos. Sin embargo, se encuentran limitados por su débil barrera a la humedad, la misma que puede ser corregida por la adición o mezcla con otros biopolímeros, aceites hidrófobos, ceras o por la modificación de su

estructura química (Velázquez & Guerrero, 2013). En la industria de alimentos, los polisacáridos son los más utilizados, esto se debe a sus características hidrocoloidales, además poseen características de permeabilidad de dióxido de carbono y oxígeno, los mismos que ayudan a la conservación de frutas y hortalizas (Avila & López, 2008).

El almidón es considerado una biomolécula compuesta aproximadamente por un 25% de amilosa y un 75% amilopectina (ilustración 5). Ha sido ampliamente utilizado como material polimérico para el desarrollo de recubrimientos, esto se debe a su gran abundancia, biodegradabilidad y costos relativamente bajos en los que se considera a producción. Se deriva a través del maíz, trigo, arroz, tubérculos y leguminosas. Los recubrimientos comestibles formulados a partir de derivados del almidón tienen propiedades hidrofílicas, lo que causa una débil barrera de humedad y por su semicristalinidad las características mecánicas son deficientes. Sin embargo, entre las características positivas que tienen la formación de recubrimientos comestibles a base de almidón es que son insípidos, inodoros y transparentes y no afectan en la apariencia, sabor y olor de los alimentos (Ramos, Romero, & Bautista, 2018).

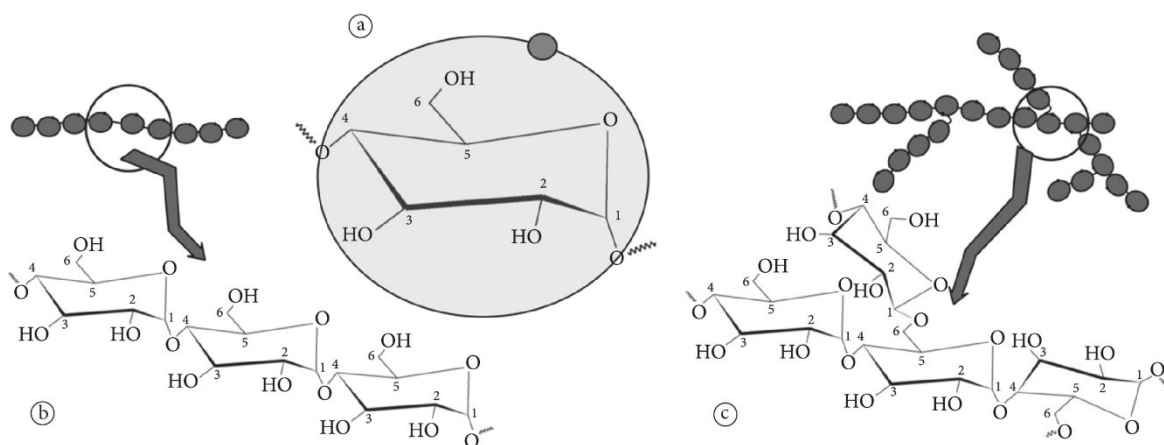


Ilustración 5: Estructura básica de (a) unidades de glucosa, (b) amilosa y (c) amilopectina (Alcazar-Alay & Almeida, 2015).

2.6. Achira (*Canna indica*)

La achira (ilustración 6), pertenece al género de las monocotiledóneas de la familia *Cannaceae*, cuenta con aproximadamente 12 tipos de especies diferentes alrededor de todo el mundo y puede llegar a medir hasta una altura de 3m. Se adapta a una gran diversidad de climas, por lo que es cultivada desde nivel del mar hasta una altura superior a los 2500 msnm (Rodríguez, García, Camacho, & Arias, 2003).



Ilustración 6: Rizoma de achira (*Ornamentales, 2019*)

Se estima que es originaria de Perú y propagada desde Colombia; en la actualidad existe en todo el continente Sudamericano, África, Asia y Polinesia. Las *Cannas* usualmente tienen fines ornamentales, por lo general es cultivada para su comercialización, sin embargo, otro tipo de especies, como la *Canna Indica* es utilizada principalmente para la obtención de almidón (Caicedo, 2012).

El almidón obtenido a partir de la achira contiene un porcentaje más alto de humedad en relación con otro tipo de materia prima como la yuca o el maíz. Por otro lado, contiene mayor porcentaje de proteína promedio y lípidos (Tabla 3), se caracteriza por gránulos muy grandes,

alto contenido de amilosa, pasta transparente, alta viscosidad, alta retrogradación y alta resistencia a la hidrólisis por α -amilasa (Andrade, Tapia, & Menegall, 2012).

Tabla 3: Tabla nutricional del almidón de sagú, almidón de maíz y almidón de yuca, por cada 100gr. (Linares & Rey, 2016)

Composición	Achira	Maíz	Yuca
Humedad	17,1	12,4	12
Proteína	0,4	0,3	0,2
Lípidos	0,1	0,1	0,1
Carbohidratos	80,7	86,9	87,6
Cenizas	0,3	0,3	0,1

Los principales usos del almidón de achira, por sus características y propiedades se dan en la industria química, textil, farmacéutica y alimenticia; en esta última se la utiliza como: adhesivo, estabilizante de espumas, formador de películas, aglutinante, gelificante, etc. (Lobo, y otros, 2017). El proceso de obtención y separación de almidón presente en el tejido celular de los rizomas de achira se detalla en siguiente diagrama de flujo (ilustración 7).

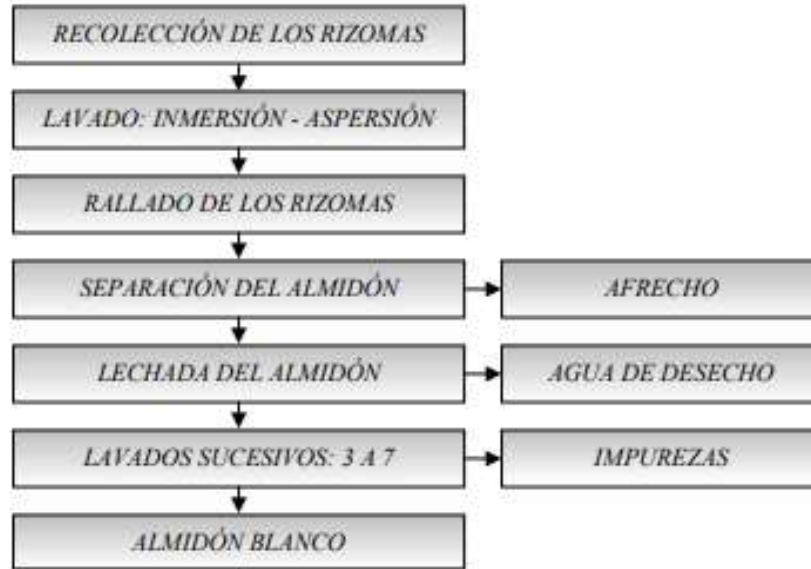


Ilustración 7: Diagrama de flujo del proceso de extracción de almidón de achira (Rodríguez, García, Camacho, & Arias, 2003)

Debido a que el rendimiento de la producción de almidón achira es bajo (aproximadamente 12 g de rizomas de almidón / 100 g), una forma de aumentar el potencial comercial de los rizomas de achira es producir la harina, un material interesante debido a su contenido de fibra.

2.7. Aceites esenciales

Se conoce como aceite esencial a la fracción líquida, volátil, espesa o fluida y de color variable dependiendo de la planta que se lo extrae. Generalmente son obtenidos mediante destilación con arrastre de vapor de agua o por extracción líquido – líquido a partir de material vegetal (hojas, flores, raíces, semillas, frutos y madera). Su composición química es variada y compleja; siendo los compuestos alifáticos (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos los grupos funcionales con más relevancia (Martínez, 2003).

Los aceites esenciales poseen propiedades bioactivas como la antioxidante, antifúngica y antimicrobiana (Méndez, Osorio, Torrenegra, & González, 2015). Se estima que los aceites esenciales presentan características de inhibir el crecimiento microbiano, ya que actúan como agentes bacteriostáticos; y por otro lado retrasan la oxidación lípidos y grasas en general. Dichas características se conocen hace muchos años atrás; aceites como el de canela, clavo de olor, orégano, comino o tomillo se utilizaban en la antigua egipcia para embalsamar; mientras que en China y la India eran de mucha utilidad para la conservación de alimentos y formulaciones medicinales (Peredo, Palou, & Lòpez, 2009).

Se conocen aproximadamente 3000 tipos de aceites; de los cuales 300 son comerciales; los mismos que son destinados a la industria química y farmacéutica (Arancibia, 2014). Se caracterizan por sus propiedades físicas como viscosidad, densidad, índice de refracción y actividad óptica, siendo estas últimas variables cuando son mezclados con otros tipos de aceites. Su densidad en la mayoría de los casos es menor que la del agua con excepción de los aceites de perejil, canela, mostaza y clavo de olor (Peredo, Palou, & Lòpez, 2009).

2.8. Aceite esencial de flor de canela

La flor de canela perteneciente al género *Ocotea quixos*, forma parte de la familia de *Lauraceae*; comprende alrededor de 250 especies de arbustos (Charri & Humán, 2017). Se estima que contiene de 5 a 20 ml/kg de aceite esencial, con una composición química de derivados fenilpropánicos: E-cinamaldehído (60-75%) (ilustración 8), eugenol (1-5%), acetato de cinamilo (1-5%) y numerosos componentes monoterpénicos (linalol, cineol) y sesquiterpénicos (beta-cariofileno) en menor concentración (Carretero, 2009).

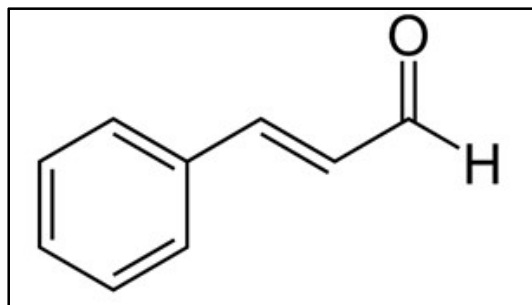


Ilustración 8: Estructura química del cinamaldehído, compuesto mayoritario del aceite esencial de flor de canela (Carretero, 2009)

Este tipo de aceite ha sido utilizado durante años para proteger los alimentos de las infecciones microbiológicas; existen varios estudios que demuestran el mecanismo de acción que explican dicho efecto antes mencionado ya que, comparado con otros aceites, el aceite esencial de canela ha demostrado tener un efecto antimicrobiano, antioxidante, antiinflamatorio, antifúngico, antiviral e insecticida eficaz (Fernandez, 2015).

Se estima que a determinadas concentraciones de aceite esencial de canela es posible la inhibición de microorganismos fúngicos como *Aspergillus flavus*, esto se debe gracias a la presencia de cinamaldehído, ya que esta molécula es capaz de actuar sobre la membrana bacteriana impidiendo así su crecimiento. Por otro lado, también se determinó que los aceites esenciales son capaces de eliminar el ciclo del ácido tricarboxílico afectando el consumo de oxígeno y causando de esta manera la muerte de las bacterias (Montero, Revelo, Avilés, Valle, & Guevara, 2017).

En un estudio sobre el efecto antimicrobiano, cuyo objetivo del presente fue evaluar la susceptibilidad de varias cepas de microorganismos a la canela, clavo de olor y su combinación para detectar efectos sinérgicos, aditivos o antagónicos; se determinó que la presencia de eugenol o cinamaldehído se relacionó directamente con las propiedades

antibacterianas de los aceites esenciales probados (Quattara, Simard, Holley, Piette, & Begin, 1997). A pesar de la alta eficacia de los aceites esenciales y sus componentes contra los patógenos transmitidos por los alimentos y los microorganismos, se estima que dicho efecto en los alimentos solo se logra con una concentración mayor de aceite esencial. Este hecho puede implicar un impacto organoléptico, causado por la alteración del sabor natural de los alimentos al exceder los umbrales de sabor aceptables. (Goñi, y otros, 2009)

2.9. Acción antimicrobiana de los aceites esenciales

Existen varias investigaciones sobre el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales, pero debido a su compleja estructura molecular es difícil atribuir este efecto a un solo grupo. Se estima que por la hidrofobicidad que poseen los aceites esenciales les permite unirse a la pared celular de los lípidos desequilibrando su estructura y aumentando su permeabilidad (ilustración 9) (Ronquillo, 2007). Algunos estudios atribuyen la capacidad antifúngica de los aceites esenciales a la presencia de componentes terpenicos como el carvacrol, el p-anisaldehído, la l-carvona, el eugenol o la d-limolina (Herrera, 2011).

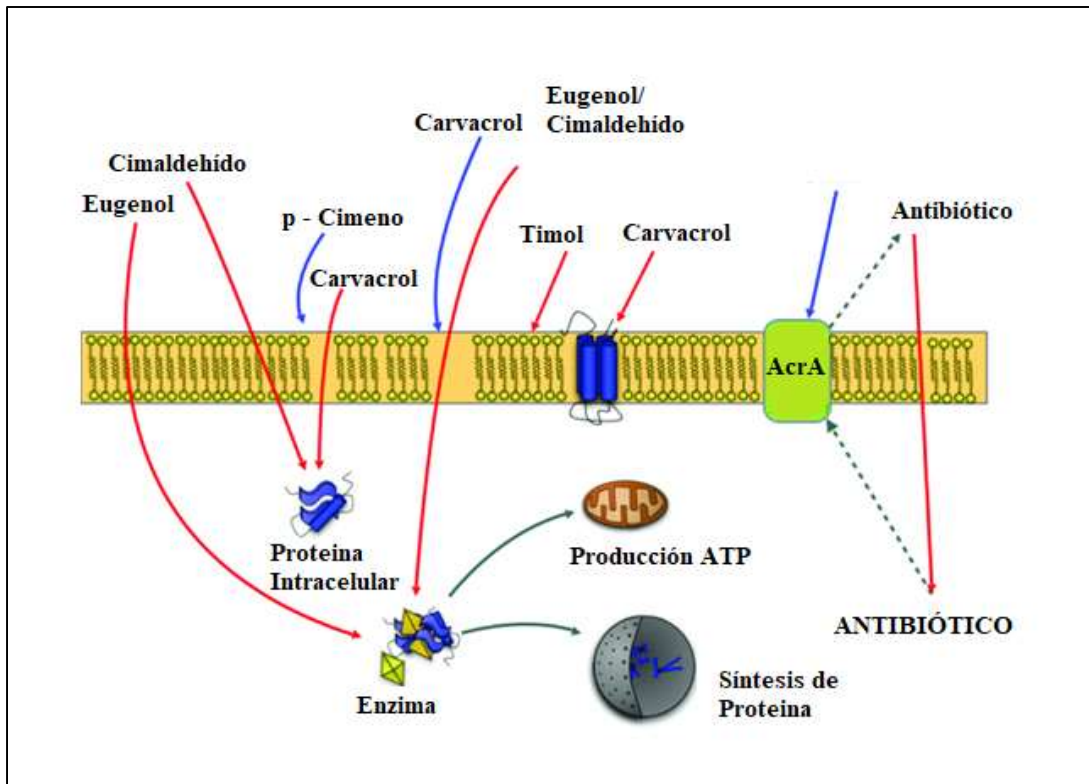


Ilustración 9: Mecanismo de acción microbiana (Li, Tixier, & Chemat, 2014)

El mecanismo de acción antimicrobiana de los aceites esenciales se describe en tres fases. En primer lugar, los aceites esenciales que se propagan en la pared celular de la bacteria aumentando la permeabilidad de la membrana, lo que conduce a una pérdida posterior de componentes celulares. El segundo corresponde a una acidificación dentro de la célula que bloquea la producción de energía celular (ATP) debido a la pérdida de iones, el colapso de las bombas de protones y la reducción del potencial de membrana. Por último, está la destrucción de materiales genéticos resultan en la muerte de las bacterias. Además, algunos estudios han informado que los aceites esenciales también pueden coagular el citoplasma y dañar los lípidos, proteínas, paredes celulares y membranas, lo que puede provocar la fuga de macromoléculas y la lisis posterior (Li, Tixier, & Chemat, 2014).

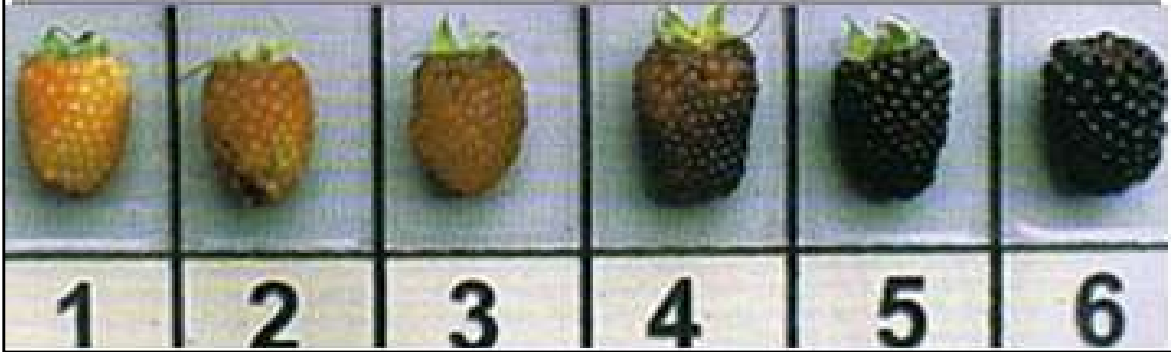
CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1. Recolección y acondicionamiento de la materia prima

La mora de castilla se recolecto en la provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato, en un terreno ubicado al norte de la ciudad en la parroquia rural Unamuncho. De acuerdo a la clasificación de la madurez de la mora según la norma INEN 2427, fue necesario que la fruta se encuentre en un índice de madurez tipo 4 (Ilustración 10).

<i>Grado de madurez</i>	<i>Características</i>
Grado 4	Fruto de color rojo con $\frac{1}{4}$ de área rojo intenso o morado
Grado 5	Fruto con mitad de área roja y mitad morada
Grado 6	Fruto morado oscuro



1 2 3 4 5 6

Ilustración 10: Grado de Maduración de la mora de castilla de acuerdo a su coloración.
(Morexptcomercialización, 2019)

La muestra de mora obtenida fue homogénea, con características similares de color, sin daños físicos y de un tamaño promedio de 2 a 2,5 cm de longitud y de diámetro respectivamente. La materia prima fue lavada cuidadosamente para evitar daños mecánicos y remover el mayor porcentaje de impurezas presentes en la muestra. Posteriormente fue transportada a los laboratorios de la universidad para dar continuidad con la investigación.

3.2. Formación del recubrimiento con harina de achira

Se suspendió harina de achira en agua destilada a una concentración de 4% p/v con agitación constante a 200 rpm y calentamiento a 70 °C durante 30 minutos. Posteriormente se adicionó el plastificante (glicerol al 1% p/v) manteniendo la temperatura constante a 45°C, con agitación constante hasta obtener una disolución homogénea. Posteriormente se homogenizó la suspensión con ayuda de un Ultraturrax a 2000 rpm durante 2 min.

Para la elaboración del recubrimiento con aceite esencial de canela, se siguió el mismo proceso descrito anteriormente, sin embargo, el aceite esencial a una concentración de (1% p/v) se añadió en lugar del plastificante.

3.3. Aplicación del recubrimiento

Previo al proceso de recubrimiento, la fruta fue lavada y secada para ser recubierta por el método de inmersión. Este método permite que el recubrimiento se adhiera uniformemente a la fruta que presenta superficies irregulares. El tiempo de inmersión fue de alrededor de 2 minutos. A continuación, las moras fueron secadas en un secador de bandejas a 21 °C durante 30 minutos (ilustración 11).



Ilustración 11: Mora de castilla recubierta con la cobertura de harina de achira (izquierda) y control sin recubrimiento (derecha).

3.4. Almacenamiento

Las moras de castilla tanto el control (sin recubrimiento), recubrimiento con harina de achira y recubrimiento con harina de achira y aceite esencial se colocaron en envases transparentes perforados de polipropileno y se almacenaron en un refrigerador a una temperatura de 8 ± 2 °C durante 8 días (ilustración 12).



Ilustración 12: Almacenamiento de las moras de castilla en envases perforados de polipropileno y en refrigeración.

3.5. Análisis fisicoquímico

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con un refractómetro; el porcentaje de acidez se determinó por titulación potenciométrica. El pH se determinó con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones Buffer de 4 y 7; pesando 10 g de pulpa, los mismos que fueron sumergidos en 100 ml de agua destilada a 20 °C. Los análisis en los diferentes días de almacenamiento fueron realizados en el laboratorio acreditado de LACONAL-FCIALB.

3.6. Análisis Microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron con 10 g de frutas refrigeradas de cada uno de los tratamientos, las cuales se colocaron en una bolsa para Stomacher con filtro y con 90 ml de agua de peptona tamponada. Se homogenizó la suspensión en un Stomacher durante 2 minutos a 200 rpm. Para las diluciones se vertió 1 ml de la suspensión anterior en un tubo de

ensayo con 9 ml de agua peptonada y se homogenizó en un vórtex esto se realizó hasta obtener una dilución de 10^{-6} (ilustración 13).



Ilustración 13: Procedimiento para el análisis microbiológico

3.6.1. Recuento de mohos y levaduras

Se tomó 0,1 ml de cada una de las diluciones anteriormente preparadas y se inoculó en la superficie de una placa Petri con agar sobouraud y cloranfenicol (ilustración 14), y se incubaron durante 8 días a 25 °C.



Ilustración 14: Proceso de inoculación

3.6.2. Recuento de bacterias aerobias mesófilas y bacterias aerobias psicrótrofas

Al igual que el recuento de mohos y levaduras, se tomó 0,1 ml de cada dilución y se sembró en la superficie de agar PCA. Para el caso de bacterias aerobias mesófilas la temperatura de incubación fue de 25 °C y para las bacterias aerobias psicrótrofas la temperatura fue de 6°C durante 48 horas, respectivamente.

3.7. Análisis Sensorial

Para el análisis sensorial se contó con la participación de 10 panelistas semientrenados; donde se evaluó la intensidad de cualidades como olor, color, sabor, apariencia y aceptabilidad en general. Los panelistas diferenciaron la presencia y la ausencia de aceite esencial en el recubrimiento de la mora, además de la muestra control.

3.8. Análisis de Dureza

La firmeza se determinó en un analizador de textura CT3 (BROOKFIELD, EE.UU.). La sonda metálica utilizada fue de un diámetro de 5 mm, a una deformación de 10 mm con velocidad de 5 mm/s, sobre una de las caras, en la zona media de cada fruto. Los resultados se expresaron en N ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$). Los análisis en los diferentes días de almacenamiento fueron realizados en el laboratorio acreditado de LACONAL-FCIALB.

3.9. Determinación de color

La determinación de color se realizó utilizando un espectrocolorímetro (Lovibond, EE.UU), con iluminante D65, y el observador estándar de 10° como sistema de referencia, se realizaron 15 réplicas en la zona ecuatorial de cada mora obteniendo coordenadas de luminosidad L^* , cromaticidad a^* (-) verde a (+) rojo y cromaticidad b^* (-) azul a (+) amarillo.

3.10. Análisis estadístico

El efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite de canela (RC y RC-AE respectivamente) con la muestra control (MC) se evaluó utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y el método de Tukey (diferencias significativas) a un nivel de confianza del 95%. Para la realización de este análisis estadístico se utilizó un paquete estadístico MINITAB 18 Statistical Software. Todos los ensayos se realizaron al menos por duplicado.

CAPÍTULO IV

4. Análisis y discusión de resultados

4.1. Ensayo microbiológico

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico Tukey para cada uno de los análisis microbiológicos (mesófilos, psicrótrofos, mohos y levaduras). El modelo Tukey se realizó a un nivel de confianza del 95%, analizando en los días 1, 3, 5 y 8 para las moras de la muestra control (MC), recubrimiento comestible (RC) y recubrimiento comestible con aceite esencial (RC-AE)

4.1.1. Bacterias mesófilas

Para determinar la relación entre el uso del aceite esencial (AE) y la actividad antimicrobiana en el recubrimiento al 1% de concentración de AE, se pudo observar que el AE inhibió significativamente el crecimiento de mesófilos a partir del día 1 de aplicación mientras que, el recubrimiento y el control aumentaron el crecimiento en mesófilos (Tabla 4). Al comparar MC y RC con RC-AE, en cada uno de los días analizados, existen diferencias significativas ($p < 0,05$) (Ilustración 15)

Tabla 4: Recuento de las bacterias mesófilas presentes en la mora de Castilla.

Muestra	Log UFC/g día			
	1	3	5	8
MC	3,32	3,46	3,91	3,91
RC	3,17	3,38	3,86	3,86
RC - AE	2,00	2,15	2,53	2,53

Un estudio reciente demostró que el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales depende en gran medida de los tipos de microorganismos, siendo el caso del cinamaldehído principalmente eficaz contra las bacterias y ciertos mohos (Sánchez-González et al., 2011). La presencia del AE tuvo una actividad importante al reducir el crecimiento de aerobios mesófilso (39,75% menos) en comparación con los controles (1.32 y 1.17 log ufc/g menos que MC y RC respectivamente). Al día 8 de conservación, se observó un 25,65% menos (1.38 y 1.33 log ufc/g menos que MC y RC respectivamente) en comparación con la muestra control. Este efecto se lo puede atribuir a las propiedades antimicrobianas que tiene el aceite esencial sobre el crecimiento bacteriano de las cepas en estudio. Este comportamiento es muy similar en todos los días analizados y cómo se puede observar, tanto la mora de MC como la mora con RC y RC-AE tuvieron un considerable incremento en el crecimiento de mesófilos desde el día uno hasta el día 8.

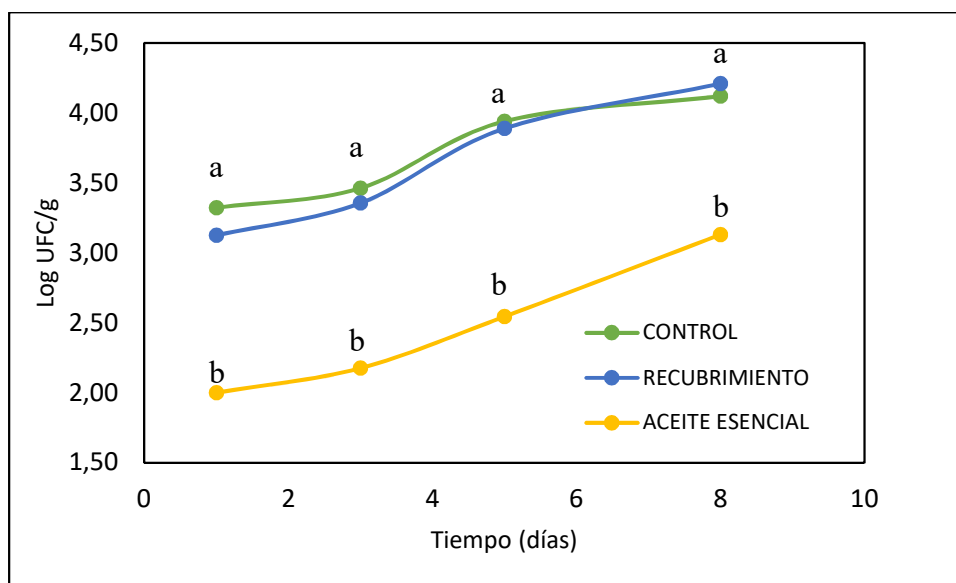


Ilustración 15: Efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite esencial de canela y el control (sin recubrimiento) en el crecimiento de bacterias aerobias mesófilas en moras almacenadas en refrigeración durante 8 días.

Como se mencionó, el tratamiento de RC-AE mostró diferencias significativas en relación con los demás tratamientos analizados durante los 8 días de ensayo. Este efecto se debe a la presencia de los principales compuestos que tienen los aceites esenciales; ya que se sabe que presentan un amplio espectro de acción contra una amplia gama de bacterias, incluidas las que son resistentes a los antibióticos, como el *Staphylococcus* resistente a la meticilina, en el aceite esencial de canela este efecto se lo atribuye a las moléculas como cinamaldehído, carvacrol, eugenol y timol. Se estima que el efecto antimicrobiano del cinamaldehído y el carvacrol es similar al del timol, causando daños estructurales y funcionales a la membrana celular. El principal modo de acción del cinamaldehído es su capacidad para posicionarse en la membrana donde aumenta la permeabilidad, sin embargo, se ha demostrado que el carvacrol afecta la membrana externa de bacterias gramnegativas (Hyldgaard, Mygind, & Meyer, 2012)

Goñi eta al (2009), realizaron un estudio sobre el efecto antimicrobiano que tiene el aceite esencial de canela, donde se encontró que *Pseudomonas aeruginosa* fue el único microorganismo que se inhibe mejor al entrar en contacto directo con la fase de vapor del aceite de canela, también se observó una relación entre la estructura grampositiva y gramnegativa de *P. aeruginosa*, que proporcionó una ligera actividad en contacto directo con el aceite de canela. El cinamaldehído afecta la membrana externa de bacterias gramnegativas. Si bien, el carvacrol afecta la membrana externa, se piensa que su sitio de acción es la membrana citoplásmica, lo que resulta en el transporte pasivo de iones a través de la membrana. (Li, Tixier, & Chemat, 2014).

4.1.2. Bacterias psicrótrofas

De acuerdo con el análisis para la determinación del crecimiento de microorganismos aerobios psicrótrofos en los tres tipos de tratamientos, se observa que la aplicación de recubrimiento con aceite esencial de flor de canela inhibe completamente el desarrollo de aerobios psicrótrofos en comparación con los tratamientos MC y RC (Tabla 5).

Los resultados del modelo estadístico muestran diferencias significativas $p < 0.05$ entre RC-AE con MC y RC para todos los días; ya que el contenido de bacterias psicrótrofas es considerado como nulo en el recubrimiento con aceite esencial aplicado en la mora (Ilustración 16). Por otro lado, en el análisis de los resultados encontrados entre MC y RC, se determinó que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) (Anexo A.2). La mora de castilla es un fruto rico en azúcares y de bajo pH que la hace poco atractiva para el crecimiento microbiano (Sotomayor, 2010).

Tabla 5: Recuento de las bacterias psicrótrofas presentes en la mora de Castilla.

Muestra	Log UFC/g día			
	1	3	5	8
MC	2,65	4,02	5,60	5,60
RC	2,82	3,99	5,79	5,79
RC - AE	0,00	0,00	0,00	0,00

La inhibición observada en el recubrimiento con AE frente a las muestras MC y RC es favorable para la conservación de mora de castilla (ilustración 16). Se estima que el mecanismo de acción del aceite esencial de flor de canela se asocia por su capacidad de interactuar con el citoplasma del patógeno y su modo de acción parece estar estrechamente relacionado con la solubilidad de la fruta (Ramos, Bautista, & Barrera, 2010)

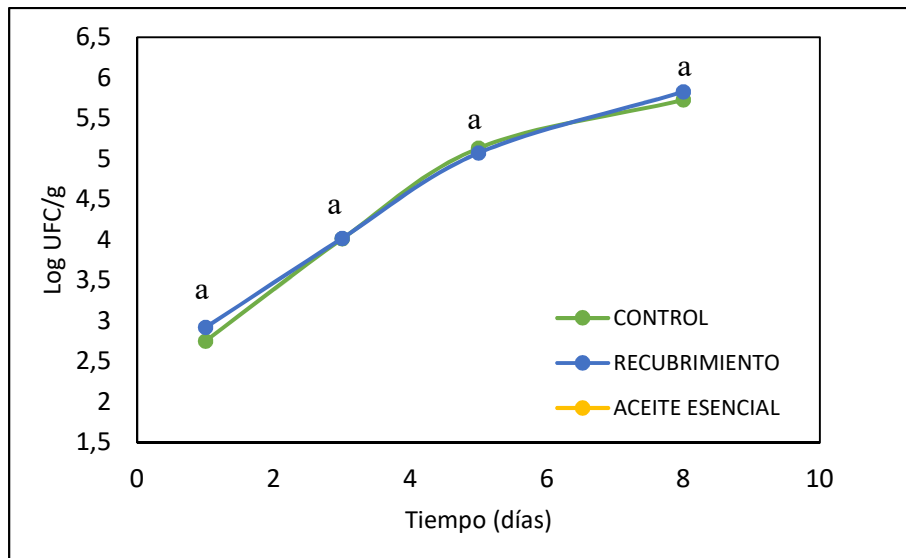


Ilustración 16: Efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite esencial de canela y el control (sin recubrimiento) en el crecimiento de bacterias aerobias psicótrofas en moras almacenadas en refrigeración durante 8 días.

La ausencia de bacterias psicrótrofas está relacionada con la molécula de cinamaldehído presente en el aceite esencial, ya que es considerado antibacteriano (Hall, Rocha, & Rodríguez, 2002). Muchos estudios han demostrado que el cinamaldehído interactúa con la membrana celular, pero aún no está claro cómo perturba las membranas (Hyldgaard, Mygind, & Meyer, 2012). Un estudio realizado por Bouhdid y colaboradores, se utilizó aceite esencial de *Cinnamomum* (73% de cinamaldehído) sobre *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*, y se determinó que el aceite provoca pérdida de la integridad de la membrana, actividad respiratoria reducida y coagulación del material citoplasmático de los microorganismos causando así su muerte celular, mientras que, la exposición de las células de *S. aureus* hizo que entraran en un estado viable pero no cultivable (Bouhdid, y otros, 2010).

4.1.3. Mohos y levaduras

En comparación con los resultados obtenidos de bacterias mesófilas y psicrótrofas, los recuentos de mohos y levaduras mostraron una tendencia hacia el incremento en el log UFC/g (Tabla 6), esto se debe a que los mohos y las levaduras tienen la capacidad de responder a situaciones de estrés mediante la adaptación al medio, esto permite la restauración de la homeostasis celular por la concentración de azúcar presente en la mora (Uribe, 2007). Los mohos y las levaduras se propagaron rápidamente a partir día 1 hasta al día 8, sin embargo, fue evidente que el recubrimiento con aceite esencial inhibe de una forma parcial el crecimiento de estos (ilustración 17).

Como se puede ver, la aplicación del recubrimiento generó alrededor de un 70% de inhibición con el 1% de aceite esencial de flor de canela. La presencia del aceite esencial tiene una relación directa con la actividad antimicrobiana después de 8 días de almacenamiento. Este hecho señala que la mayor inhibición tiene lugar en las primeras 72 h del crecimiento de mohos y levaduras durante su fase de retraso, cuando se sabe que los microorganismos son más susceptibles a la actividad inhibitoria.

Tabla 6: Recuento de las bacterias mohos y levaduras presentes en la mora de Castilla.

Muestra	Log UFC/g día			
	1	3	5	8
MC	4,80	5,15	5,34	6,37
RC	5,06	5,47	5,58	6,57
RC - AE	4,31	4,06	4,63	4,82

De acuerdo con el desarrollo de mohos y levaduras, el análisis ANOVA (anexo A.3) determina que el recubrimiento con aceite esencial de flor de canela tiene un efecto significativo en comparación con la muestra control y la muestra con recubrimiento. En todos

los días analizados se presentaron diferencias significativas con $p < 0.05$ y con una tendencia creciente de microorganismos hasta el día 8 (ilustración 18).

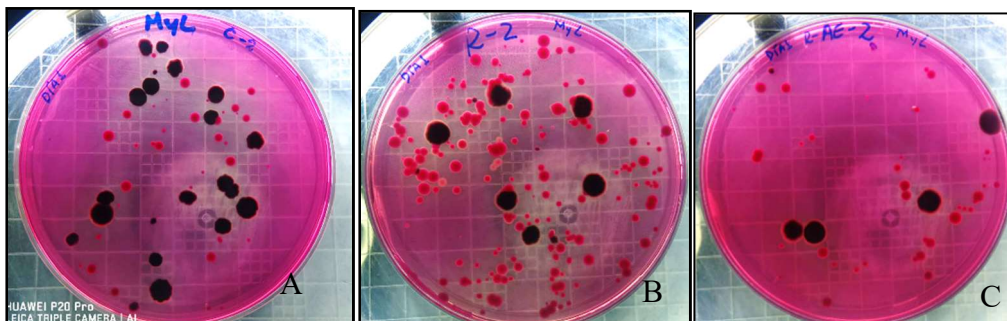


Ilustración 17: Resultados del análisis de mohos y levaduras para muestra control (A), recubrimiento de achira (B) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (C).

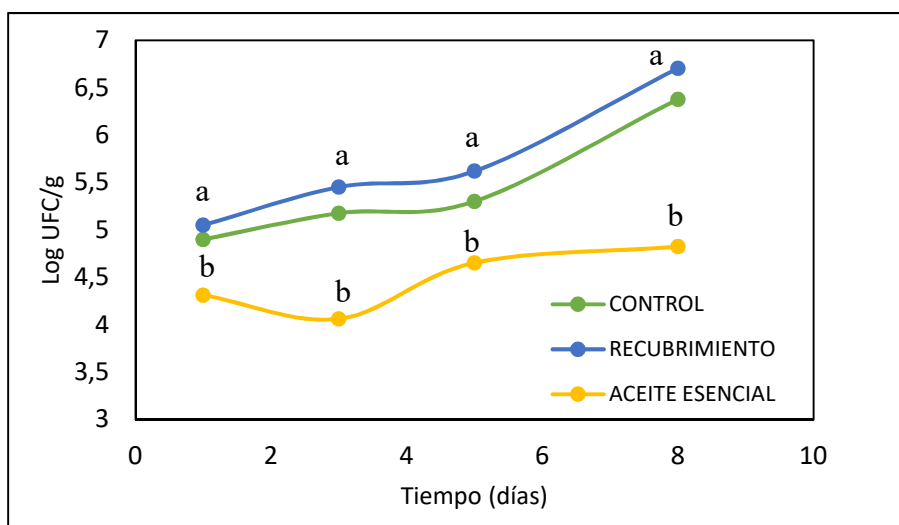


Ilustración 18: Efecto del recubrimiento comestible con y sin aceite esencial de canela y el control (sin recubrimiento) en el crecimiento de mohos y levaduras en moras almacenadas en refrigeración durante 8 días.

Otros estudios muestran la eficiencia de la aplicación de aceites esenciales en la actividad microbiana; por ejemplo, la aplicación de aceite esencial de flor de canela (36,1 g/L) en un recubrimiento comestible a base de pectina inhibe el crecimiento de hongos, por la actividad fungicida y antioxidante natural (Melgarejo, Ortega, Silva, & González, 2013). El aceite esencial de canela (*C. zeylanicum*) a través de sus componentes mayoritarios (cinamaldehído,

eugenol, β -carifileno) han demostrado actividad antimicrobiana frente a *E. coli*, *P. aeruginosa*, *E. faecalis*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *methicillin-resistant S. aureus*, *K. pneumoniae*, *Salmonella sp.*, *V. parahemolyticus*, *A. alternate*, *A. flavus*, *A. niger*, *P. corylophilum* (Ayala, Gonzáles, & Toro, 2009).

Los resultados sugieren que los aceites esenciales pueden mejorar la actividad antimicrobiana de los recubrimientos y es importante seleccionar los aceites esenciales apropiados y determinar la concentración adecuada para incorporarlos a la matriz polimérica. En nuestro experimento, la mezcla de achira con 1% de AE fue el tratamiento más efectivo frente a las poblaciones de bacterias y levaduras / mohos.

4.2. Análisis sensorial

En la ilustración 19 se muestran los resultados de sabor, aroma, textura y aceptabilidad de la mora de castilla evaluada por 10 catadores parcialmente entrenados, para cada una de las muestras. Los evaluadores probaron frutas dentro de los estándares de aceptabilidad de consumo y ponderaron en un rango de un mínimo de 1 hasta un máximo de 5 en la aceptabilidad de la fruta. El análisis estadístico presenta un $p > 0.05$, lo que muestra que no existe una diferencia significativa de RC-AE con MC y RC en lo que se refiere a aroma, aceptabilidad y sabor. Se estima que estos resultados dependen del porcentaje de aceite esencial utilizado, ya que, a mayor concentración de aceite esencial de canela, la mora presenta un sabor desagradable (Chasiloa, 2019).

Los resultados indicaron que ninguno de los tratamientos alcanzó el máximo de aceptación en alguna de las cualidades, sin embargo, todas las muestras superaron el promedio, a excepción de la muestra RC-AE que tuvo una calificación menor en la prueba de sabor. Este

hecho puede estar relacionado con la presencia de aceite esencial de flor de canela que posee moléculas perfumadas con átomos altamente reactivos que confieren diferentes propiedades funcionales a los AE. Por otro lado, el recubrimiento con aceite esencial de flor de canela en la cualidad del aroma es superior a los otros tratamientos, esta característica se atribuye a las propiedades naturales de aromaticidad que poseen los aceites esenciales. Para las cualidades de textura y aceptabilidad el tratamiento que presenta mejores resultados es la muestra control, pero los tratamientos de RC y RC-AE superan el promedio entre los límites.

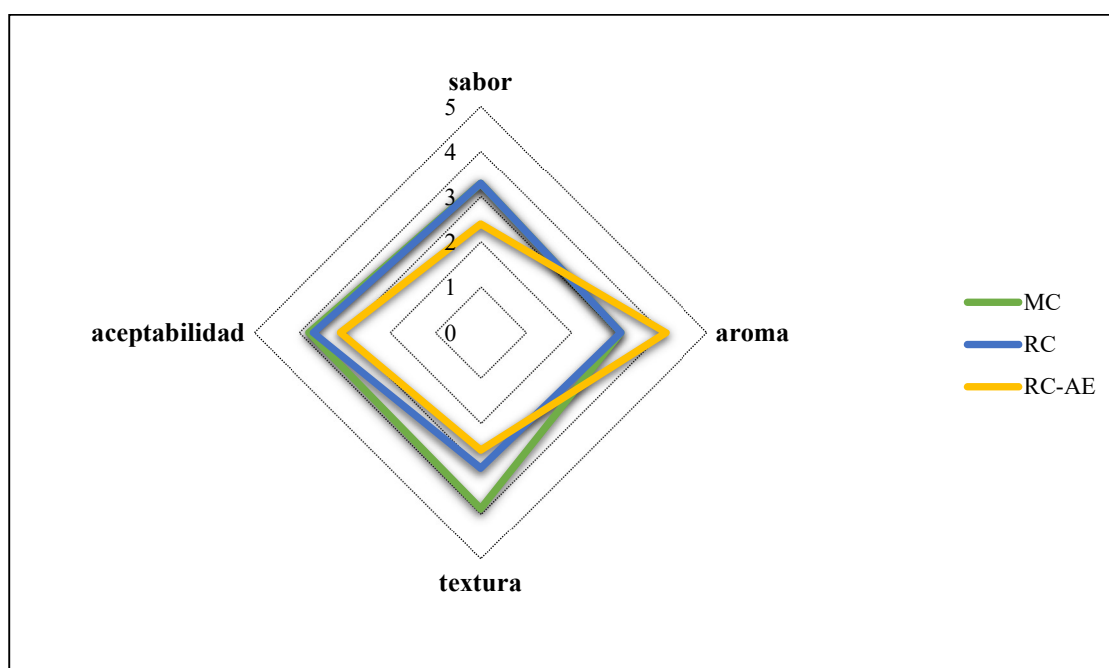


Ilustración 19: Promedio de los atributos sensoriales de la mora control (sin recubrimiento), mora con recubrimiento y mora con recubrimiento y aceite esencial.

El atractivo sensorial de las frutas frescas es un factor importante en la decisión de compra de los consumidores. Sin embargo, hay que destacar que después del almacenamiento, se produce un deterioro normal de la fruta, que compromete su atractivo sensorial. Al analizar los cambios sensoriales de la mora, los 2 mecanismos principales de pérdida de sabor son

metabólicos y difusivos (Forney, 2008). Los cambios metabólicos en el sabor son el resultado de la síntesis o catabolismo de compuestos de sabor o compuestos responsables de sabores extraños. Estos procesos metabólicos dependen de la fisiología del producto, que está influenciada por la madurez y una variedad de factores ambientales, de manejo y de procesamiento (Beaulieu & Lancaster, 2007). Entre los compuestos del aceite esencial de flor de canela se encuentran terpenoides que se usan ampliamente por sus cualidades aromáticas y su contribución significativa al aroma. Los terpenoides como el cinnamaldehído, también inhiben el crecimiento in vitro de bacterias y hongos, como se explicó líneas arriba, y forman el olor característico del AE.

Con los resultados obtenidos por el análisis sensorial, se puede decir que tanto RC como RC-AE pueden ser utilizados como recubrimientos comestibles en frutas; siempre y cuando se controle la concentración de aceite esencial de canela para no afectar el parámetro de sabor.

4.3.Color

Las ilustraciones 20 a 22 muestran los promedios evaluados por análisis estadístico Tukey a un intervalo de confianza del 95% con $n = 6$ observaciones por cada tratamiento para las coordenadas de color L^* = luminosidad, a^* = cromaticidad en el eje verde (-) rojo (+) y b^* = cromaticidad azul (-) amarillo (+) sobre el epicarpio de la zona ecuatorial de los frutos, en los días 4, 5 y 10 de almacenamiento refrigerado de la mora.

Los resultados del análisis estadístico (ANOVA) muestran que para la coordenada de luminosidad no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos en cada uno de los días evaluados. De igual manera no existe diferencia entre el día 4 al día 10 en cada uno de los tratamientos. La disminución del parámetro L^* está relacionada con la pérdida de

brillo por reacciones de pardeamiento oxidativo y a la vez también se la asocia por la pérdida de humedad en los frutos en el almacenamiento; al final del análisis de luminosidad en el día 10 el tratamiento RC-AE es el que presenta un valor más alto comparado entre MC y RC, aunque su diferencia no es significativa entre los tratamientos; estos resultados coinciden con los reportados por (Patarroyo & Cárdenas, 2014).

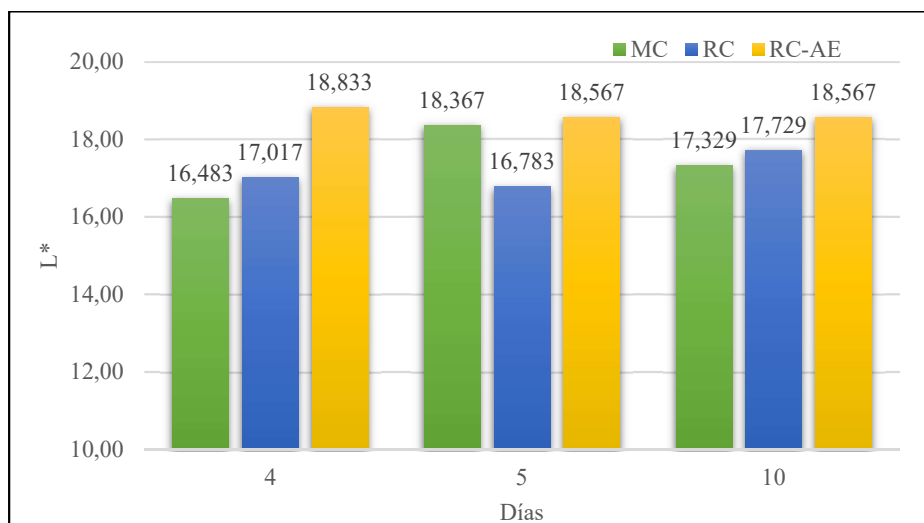


Ilustración 20: Evolución del parámetro de color L*, en la zona ecuatorial evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).

Para el análisis de cromaticidad de la coordenada a* se determinó que si existen diferencias significativas ($p < 0.05$) para el día 4, la muestra MC es diferente de RC y RC-AE. La disminución en los valores para RC y RC-AE en todos los días analizados y para la muestra control indican que existió un efecto en la conservación del color rojo de la mora de castilla, disminuyendo su tonalidad en los tres tratamientos al final del análisis. Sin embargo, es importante mencionar que el valor de RC-AE es significativamente diferente de los demás tratamientos, teniendo como resultado una tonalidad más roja entre MC y RC.

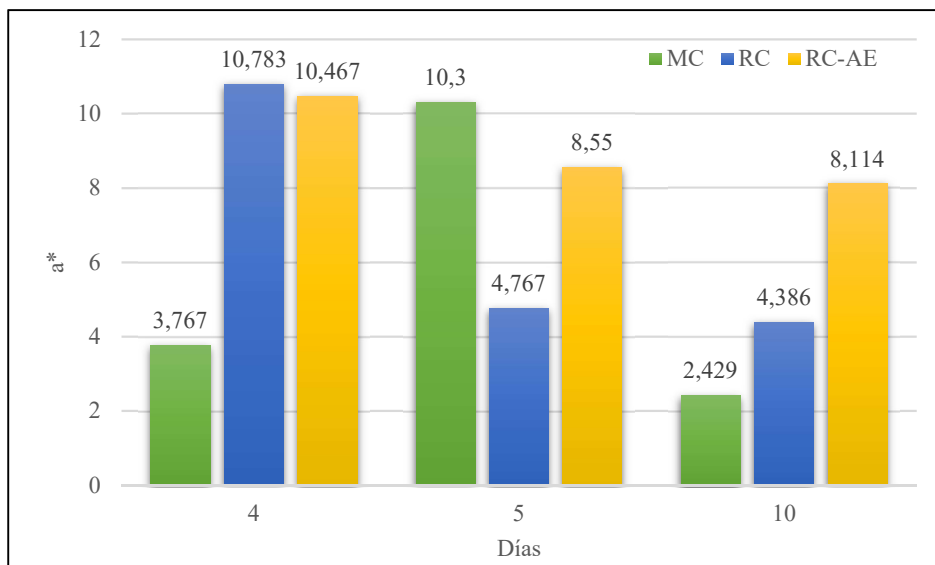


Ilustración 21: Evolución de los parámetros de color a^* , en la zona ecuatorial evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE)..

En la coordenada cromática b^* no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para todos los días. Aunque los tratamientos no presenten una diferencia considerable, se observa que la mora con RC-AE presenta un valor superior. Una disminución en la coordenada cromática b^* indica el oscurecimiento de las frutas; y como resultado en el día 10 la mora con RC-AE presenta menos oscurecimiento que MC y RC, teniendo influencia en la conservación de la fruta.

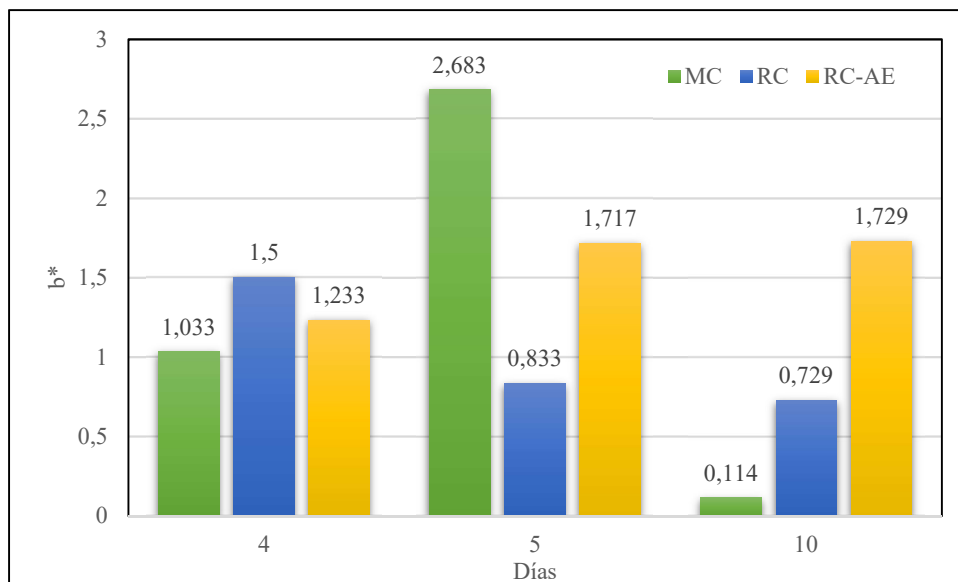


Ilustración 22: Evolución de los parámetros de color b^* , en la zona ecuatorial evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).

4.4. Análisis fisicoquímico

El análisis de pH para los tres tratamientos mostró que para los días 1 y 5 no existen diferencias significativas $p > 0,05$. Sin embargo, para el día 3 se encontró que todas las muestras presentaron diferencias. En el último día de análisis, las moras de la muestra control y las muestra con recubrimiento con y sin aceite esencial llegaron a un rango de pH aproximado de $3 \pm 0,05$ que son datos similares a los observados en el día 1 (Ilustración 23). El pH está relacionado con el proceso de senescencia de la fruta mediante su incremento en los días de almacenamiento (Patarroyo & Cárdenas, 2014). Por otro lado, la relación que tiene el pH con el crecimiento bacteriano es importante, en medios básicos el crecimiento de microorganismos es prolongado, mientras que en medios ácidos este proceso es reducido. En lo que respecta a la relación de los resultados microbiológicos con el pH, este puede reducir el desarrollo y proliferación de microorganismos aerobios pero mohos y levadura no son inhibidos. En este caso, la presencia de aceite esencial y el bajo pH, cumplen un efecto sinérgico que favorece la conservación de la mora hasta el día 8. El tratamiento con RC-AE

presenta una ligera disminución del pH en el día 5 en comparación con MC y RC; esto relacionado con el análisis microbiológico tiene concordancia, debido a que las moras con recubrimiento con aceite esencial presentaron un efectivo ataque microbiano.

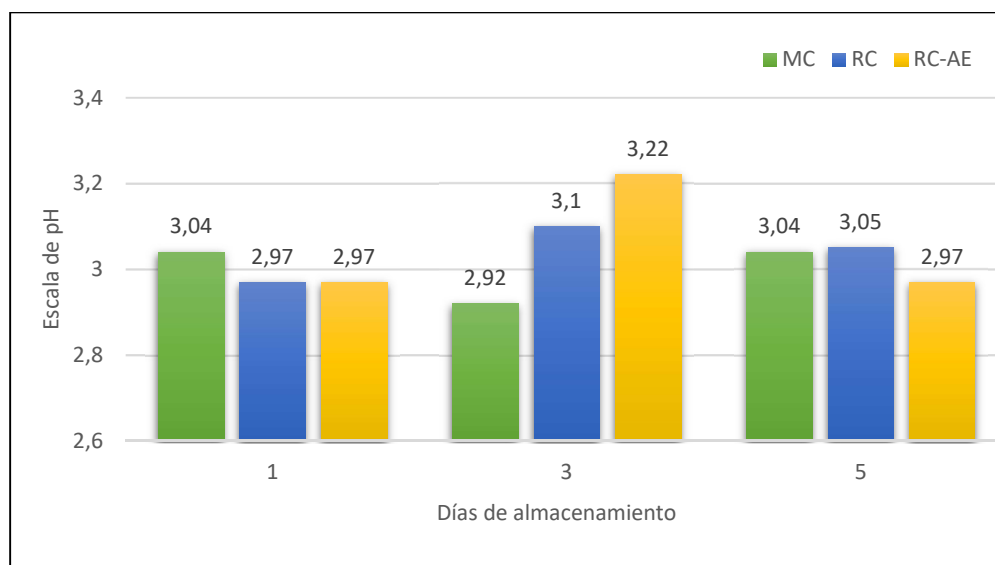


Ilustración 23: Evolución del pH en las moras de castilla, evaluados en evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).

En el análisis de acidez se determinó que todos los días presentan diferencias significativas en el desarrollo del ANOVA, sin embargo, en el día 1 se indica una diferencia con un porcentaje mayor para RC con respecto a MC y RC-AE (ilustración 24). La reducción de la acidez está asociada a la maduración de la fruta, es decir, el proceso de respiración aumenta la acidez; y en este estudio se verificó que existe un descenso en la acidez, lo que indica que se redujo el índice de respiración de la mora, retrasando así la oxidación de los ácidos orgánicos.

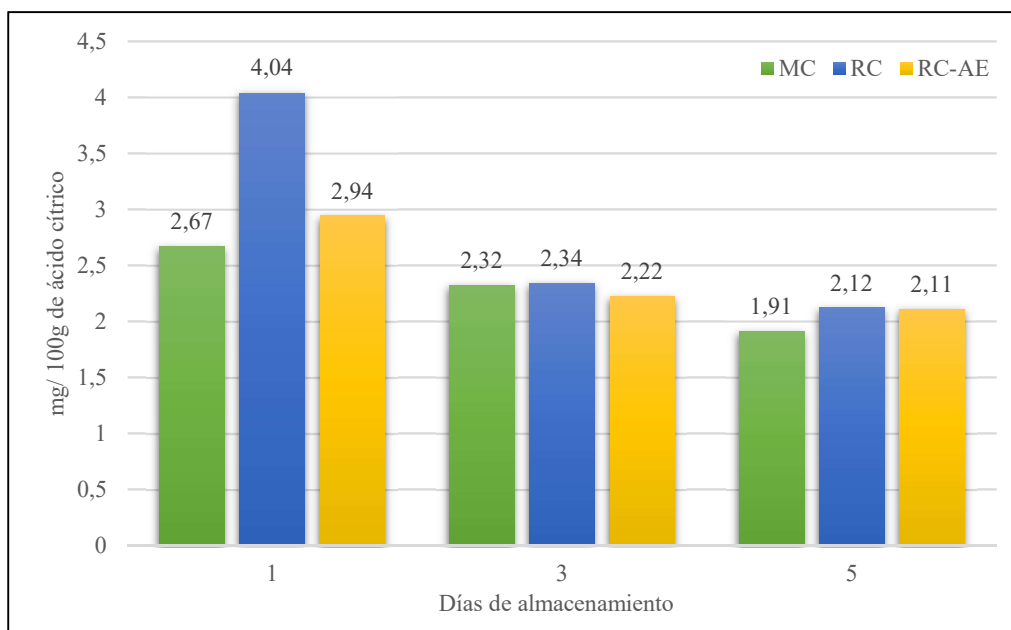


Ilustración 24: Evaluación de la acidez titulable en las moras de castilla, evaluados en la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).

El contenido de sólidos solubles (°Brix). permaneció constante durante el análisis para todos días de almacenamiento y en cada uno de los tratamientos aplicados. El contenido de sólidos solubles aumenta a medida que avanza la madurez de la fruta; esto se debe a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares (Ayala L. V., 2013) . De acuerdo con la tabla 6 no se puede analizar el proceso de maduración de la mora de castilla en ningún tipo de tratamiento, esto se debe a que todos los valores analizados se presentan iguales.

Tabla 5. Evolución de los parámetros fisicoquímicos para la muestra de mora control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE).

Ensayo	Días	MC	RC	RC-AE
pH	1	3,04	2,97	2,97
	3	2,92	3,1	3,22
	5	3,04	3,05	2,97
Acidez mg/100g de ácido cítrico	1	2,67	4,04	2,94
	3	2,32	2,34	2,22
	5	1,91	2,12	2,11
	1	10	10	10

Sólidos solubles	3	10	10	10
°Brix	5	10	10	10

4.5. Análisis de textura

El análisis de textura es considerado uno de los parámetros más importantes en lo que se refiere a aceptabilidad para los consumidores de la mora. Se realizó un análisis de dureza, adhesividad y resiliencia. Los resultados obtenidos indican diferencias entre los tratamientos en el ciclo de dureza $P < 0,05$. En el día 1 se encuentra RC presenta mayor dureza (4,44 N), seguido de RC-AE (4,28 N) y por último MC (3,94). El parámetro de dureza está relacionado con el aumento en el porcentaje de pérdida de humedad de la mora; se observó una leve disminución de la dureza de RC-AE hasta el día 5 de almacenamiento, esto podría estar relacionado con la degradación del parénquima cortical que forma parte de la pared celular. Estos resultados no son considerados positivos debido a que se estima que el aceite esencial disminuye el porcentaje de compactación del recubrimiento a base de harina de achira (ilustración 25).

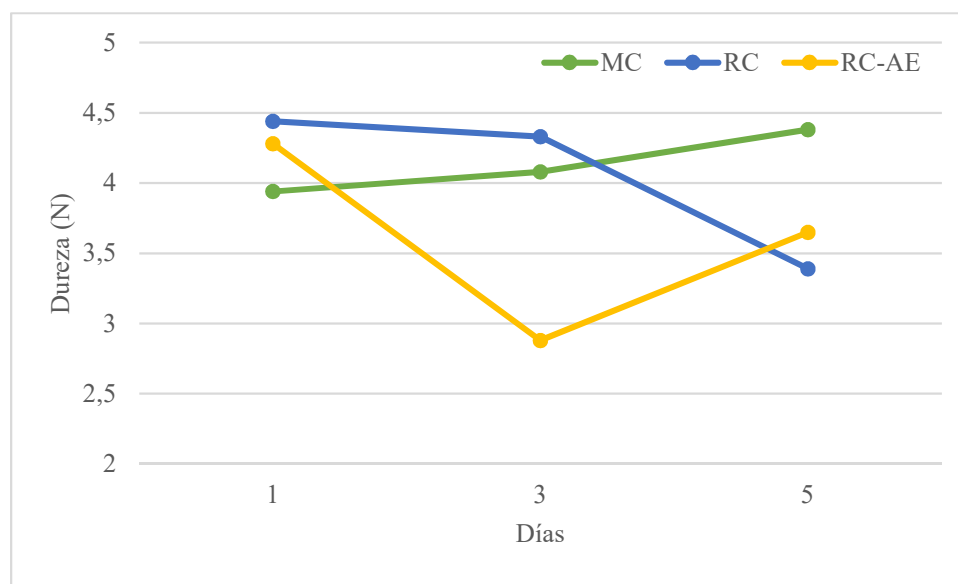


Ilustración 25: Parámetros de dureza en las moras de castilla control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE), almacenadas durante 5 días.

De acuerdo con la adhesividad, los valores obtenidos muestran que el tratamiento con RC-AE presenta el mayor valor en el último día de evaluación, lo que representa que las moras con recubrimiento con aceite esencial presentan una estructura con partículas más unidas, esto evita la desintegración de la mora, representando ser este un factor importante para su comercialización. Por último, la resiliencia analizada permaneció casi constante en todos en los tratamientos y en todos los días como se indica en la tabla 7.

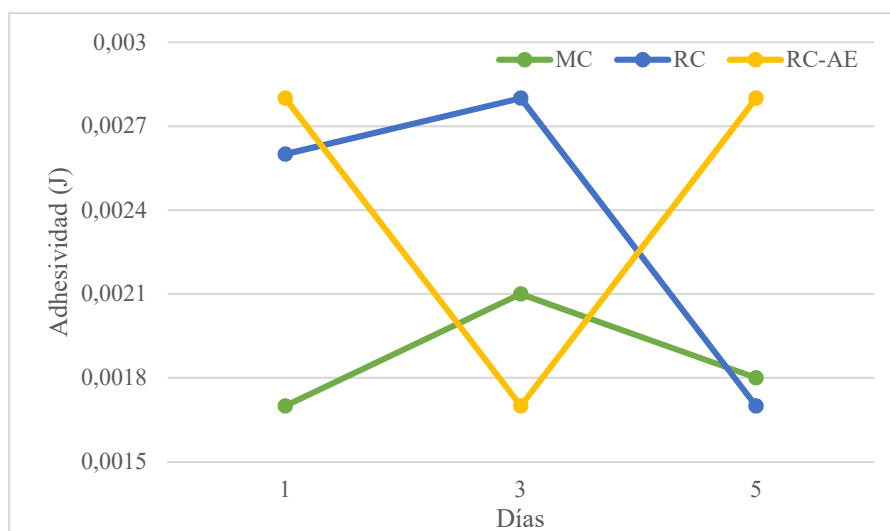


Ilustración 26: Parámetros de adhesividad en las moras de castilla control (MC), con recubrimiento de achira (RC) y recubrimiento de achira con aceite esencial de flor de canela (RC-AE), almacenadas durante 5 días.

Tabla 6: Evaluación de los parámetros de dureza, adhesividad y resiliencia, evaluados en MC, RC y RC-AE,

		MC	RC	RC-AE
Dureza (N)	1	3,94	4,44	4,28
	3	4,08	4,33	2,88
	5	4,38	3,39	3,65
Adhesividad (J)	1	0,0017	0,0026	0,0028
	3	0,0021	0,0028	0,0017
	5	0,0018	0,0017	0,0028
Resiliencia	1	0,04	0,03	0,04
	3	0,03	0,04	0,04
	5	0,04	0,04	0,04

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- El recubrimiento comestible de harina de achica con aceite esencial de flor de canela presento tener un efecto significativo en la actividad microbiológica de la mora de castilla y puede contribuir efectivamente como agente fungicida y disminuir las pérdidas postcosecha.
- La aplicación del recubrimiento comestible a base de harina de achira con adición de aceite esencial de flor de canela presento mejores resultados en las propiedades fisicoquímica y permite mantener por más tiempo el pH y los sólidos solubles, lo que indica que no afecta negativamente sobre las propiedades fisicoquímicas.
- El recubrimiento con aceite esencial de flor de canela presenta valores superiores al promedio de la ponderación en las cualidades de aroma. Esto indica que el recubrimiento con aceite esencial de flor de canela puede ser aplicado en la conservación de frutas frescas.
- La aplicación del recubrimiento de harina de achira con aceite esencial de flor de canela permite mantener la tonalidad de las moras durante los días de almacenamiento este hecho podría ser beneficioso durante su comercialización.

5.2.Recomendaciones

- Se recomienda realizar una investigación fundamentada en un análisis estadístico sobre el porcentaje de concertación de aceite esencial optimo que se debe utilizar para la formulación del recubrimiento con variables de respuesta sabor de la fruta y crecimiento microbiano.
- Evaluar el efecto tiene el recubrimiento a base de almidón con otro tipo de materia polimérica natural con la adición de aceite esencial de flor de canela, con el fin de buscar mejores propiedades bacterianas para el recubrimiento comestible.
- Realizar más análisis químicos con respeto a la senescencia de la fruta para obtener más datos comparativos y estimar más factores que influyen en la maduración de la mora

BIBLIOGRAFÍA

- ALKEMI. (28 de 06 de 2019). *Análisis microbiológico*. Obtenido de <https://alkemi.es/estudios-medioambientales/analisis-microbiologicos/>
- Andrade, Tapia, & Menegall. (2012). Physical–chemical, thermal, and functional properties of achira (*Canna indica* L.) flour and starch from different geographical origin. *Starch*, 348-358.
- Arancibia, M. (2014). *Recubrimientos activos procedentes de recursos infrutilizados y residuos de la industria para su aplicación en agroalimentación*. Madrid: Tesis Doctoral.
- Avila, & López. (2008). Aplicación de sustancias microbianas a películas y recubrimientos comestibles. *Temas selectos de Ingeniería en alimentos*, 4-13.
- Ayala, Gonzáles, & Toro. (2009). Mejora de la seguridad y la atracción de aromas de frutas y verduras frescas utilizando el poder antimicrobiano y aromático de los aceites esenciales. *Journal of Science*, 1-9.
- Ayala, L. V. (2013). Caracterización Físicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* benth) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10-18.
- Beaulieu, J., & Lancaster, V. (2007). Correlating volatile compounds, sensory attributes, and quality parameters in stored fresh-cut cantaloup. *J Agric Food Chem* , 55: 9503– 13.
- Bouhdid, Abrini, Amensour, Zhiri, Espuny, & Manresa. (2010). Cambios funcionales y ultraestructurales en células de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* inducidas por el aceite esencial *Cinnamomum verum*. *La Sociedad de Microbiología Aplicada*.
- BUEN VIVIR, P. N. (2013). Obtenido de https://www.unicef.org/ecuador/Plan_Nacional_Buen_Vivir_2013-2017.pdf
- Caicedo, G. (2012). *El cultivo de achira: Alternativa de producción para el pequeño productor*. Colombia: Raíces Andinas.
- Cárdenas, Y. (2013). *Evaluación Agronómica y fenología de dos clones sin espinas*. Quito.
- Carretero, E. (2009). *Actividad Terapéutica De La Corteza De Canela*.
- Charri, & Humán. (2017). *Actividad del aceite esencial de Cinnamomum zeylanicum “Canela” frente a biopelículas de Pseudomonas aeruginosa y Staphylococcus aureus inducidas in vitro sobre lentes de contacto blandos”* . Lima: Tesis .

- Chasiloa, P. (2019). “*evaluación de recubrimiento comestible a base de aceites esenciales de canela (Cinnamomum verum) y clavo de olor (Syzygium aromaticum) en la conservación de frutos de mora* . Cevallos: Universidad técnica de Ambato.
- Fallas, J. (2012). *Análisis de varianza - Comparando tres o más medias*.
- Fernández, Bautista, Fernández, Ocampo, García, & Falcón. (2015). Eatable films and coverings: a favorable alternative in the postharvest conservation of fruits and vegetables. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 52-57.
- Fernandez, P. (2015). *Emulsiones como sistemas de liberación de antimicrobianos naturales en alimentos*. Valencia.
- Forney, C. (2008). Flavour loss during postharvest handling and marketing of fresh-cut produce. *Stewart Postharvest* , 4: 1– 10.
- García, M. (2015). *Análisis sensorial de alimentos*. Mexico: Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo.
- Goñi, López, Gómez, Sánchez, Becerril, & Nerin. (2009). Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. *ELSEVIER*, 982–989.
- Gutierrez Pulido, H., Salazar, V., & Roman. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: mcgraw-hill/interamericana editores.
- Guzmán, Cuenca, & Tacuri. (2018). Postharvest Characterization of Castilla Blackberry (Rubus glaucus) Treated with 1-Methylcyclopropene. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 66-75.
- Hall, Rocha, & Rodríguez. (2002). *Plantas medicinales*. Costa Rica: Cimed.
- Herrera, M. (2011). *Evaluación de aceites esenciales de canela y de nuez moscada en un recubrimiento comestible para la conservación de frutos de mora de castilla*. Bogotá: Facultad de Ingeniería en alimentos.
- Hyldgaard, Mygind, & Meyer, L. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Antimicrobianos, resistencia y quimioterapias*, 1-24.
- Iza, Rojas, & Arguello. (2016). Quality baseline of the castilla blackberry (Rubus glaucus) in its food chain . *Enfoque UTE, V.7-N.3*, 82-94.
- Li, Tixier, & Chemat. (2014). Essential Oils as Reagents in Green Chemistry. *Springer Briefs in Green*, 29-40.
- Linares, & Rey. (2016). *Almidón de sagú (canna edulis ker), producto colombiano con potencial de comercialización internacional*. Colombia.

- Lobo, Medina, Grisales, Yepes, Álvarez, & Guzmán. (2017). Caracterización y evaluación morfológicas de la colección colombiana de achira, *Canna edulis* Ker Gawl. (Cannaceae). . *Corpoica Ciencia y Tecnología agropecuaria*, 47-73.
- Martinez, A. (2003). *Aceites Esenciales*. Medellín : Facultad de Ciencias químicas .
- Melgarejo, Ortega, Silva, & González. (2013). Protección antifúngica y potenciación antioxidante de uvas de mesa tratadas con emulsiones, vapores y recubrimientos de aceite de hoja de canela . *ELSEVIER*, 321-328.
- Méndez, Osorio, Torrenegra, & González. (2015). Extraction, characterization and antioxidant activity of essential oil from *Plectranthus amboinicus* L. *SCIELO*, 708-718.
- Montero, Revelo, Avilés, Valle, & Guevara. (2017). Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre Cepas de Salmonella. *Rev Inv Vet Perú*, 987-993.
- Moreira, & Guerrero. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en los alimentos. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 5-12.
- Morexptcomercialización. (28 de 06 de 2019). *Diseño y empaques para la comercialización de mora en fresco*. Obtenido de <http://morexptcomercializacion.blogspot.com/>
- Nativas, P. (28 de Junio de 2019). *Mora de Castilla, mora de Quito*. . Obtenido de <http://plantasnativas.visitavirtualjbq.com/index.php/emblematicas/1-rubus-glaucus>
- Ornamentales. (28 de 06 de 2019). *Las especies del género Canna cultivadas en España*. Obtenido de <https://www.arbolesornamentales.es/Canna.htm>
- Paredes, V. (2017). “Efecto de un recubrimiento comestible de gelatina y ϵ -polilisina en la calidad microbiológica de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth)”. Ambato: Universidad Técnica de Ambato .
- Patarroyo, A., & Cárdenas, J. (2014). *Efecto de recubrimientos comestibles a base goma gellan, gelatina y caseína sobre la cinética de deterioro de la mora de castilla Rubus glaucus Benth*. Universidad de Tolima.
- Peredo, Palou, & Lòpez. (2009). Aceites esenciales: metodos de extracción. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 24-32.
- Quattara, Simard, Holley, Piette, & Begin. (1997). Antibacterial activity of selected fatty acids and essential oils against six meat spoilage organisms. *International Journal of Food Microbiology*, 155-162.
- Ramírez, Aristizábal, & Restrepo. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica*, 172-183.

- Ramos, Bautista, & Barrera. (2010). Antimicrobial Compounds Added in Edible Coatings for Use in Horticultural Products. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 44-56.
- Ramos, Romero, & Bautista. (2018). Modified starch: properties and uses as edible coatings for the preservation of fresh fruits and vegetables. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 30-44.
- Reyes, Palou, & López. (2014). Método de evaluación antimicrobiana y de determinación de los componentes químicos de los aceites esenciales. *Temas selectos de Ingeniería de alimentos*, 68-78.
- Rodríguez, García, Camacho, & Arias. (2003). *El almidón de Achira o Sagú*. Tibaitata.
- Ronquillo, E. (2007). *Evaluación del potencial antimicrobiano de películas comestibles con aceites*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Biotecnología.
- Sanchez, D. (2012). *Determinación de la tasa de respiración*. Quito: Escuela Politecnica Nacional - Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial.
- Sánchez, Vargas, Martínez, & Cháfer. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. *VIII Congreso SEAE*, 1-9.
- Sánchez, Villares, Ruiz, & Ruilova. (2018). Effect of the altitudinal floor on the quality of mora (*Rubus glaucus* benth) in the interand region of Ecuador. *IDESIA*, 209-215.
- Sora, Fischer, & Florez. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana*, 306-316.
- Sotomayor, C. (2010). *Evaluación del efecto de la electrodiálisis sobre la concentración de microorganismos en jugos de fruta*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Uribe, A. (2007). *Caracterización Fisiológica de levaduras aisladas en filósfera de la mora*. Bogota: Pontifica Universidad Javeriana.
- Valdés, B. F. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 52-57.
- Vegaffinity. (28 de 06 de 2019). *Mora: Beneficios e Información Nutricional*. Obtenido de <https://www.vegaffinity.com/alimento/mora-beneficios-informacion-nutricional--f139>
- Velázquez, & Guerrero. (2013). Recubrimientos de frutas on biopelículas. *Departamento de ingeniería química, alimentos y ambiental.*, 5-14.

Viteri, Vasquez, Viera, Sotomayor, & Mejia. (27 de Junio de 2014). *El cultivo de la mora en el ecuador - iniap*. Santa clara. Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rmora>

ANEXOS

ANEXO A

Análisis de varianza y diferencia de medias para el ensayo microbiológico

A.1. Aerobios mesófilos

Día 1

Tabla 7: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 1

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos.

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	3,3266	0,1009	(3,1851; 3,4681)	A
RC	2	3,1751	0,0410	(3,0336; 3,3166)	A
RC-AE	2	2,000	0,000	(1,859; 2,141)	B

Tabla 8: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 1 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,1515	0,0629	(-0,4142; 0,1113)	-2,41	0,181
RC-AE - MC	-1,3266	0,0629	(-1,5893; -1,0639)	-21,10	0,000
RC-AE - RC	-1,1751	0,0629	(-1,4379; -0,9124)	-18,69	0,001

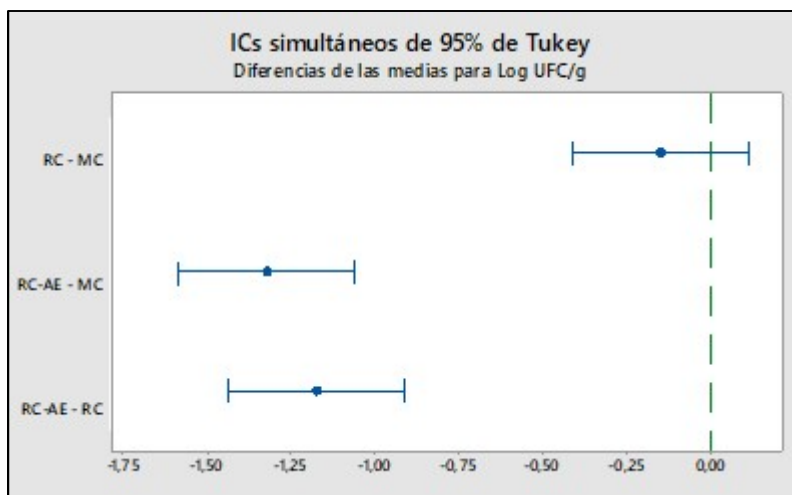


Ilustración 27: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 3

Tabla 9: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 3

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos.

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	3,4621	0,1159	(3,1468; 3,7774)	A
RC	2	3,38908	0,01254	(3,07379; 3,70437)	A
RC-AE	2	2,151	0,213	(1,835; 2,466)	B

Tabla 10: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 3 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,073	0,140	(-0,659; 0,512)	-0,52	0,867
RC-AE - MC	-1,312	0,140	(-1,897; -0,726)	-9,36	0,005
RC-AE - RC	-1,239	0,140	(-1,824; -0,653)	-8,84	0,006

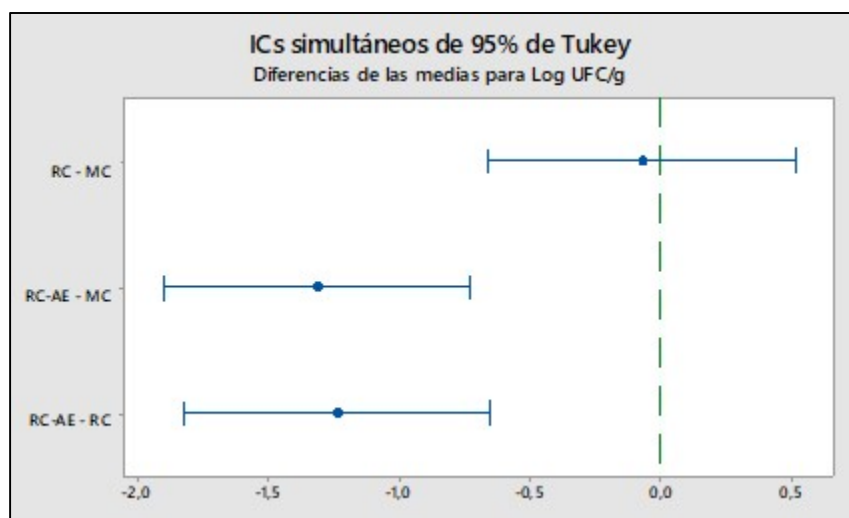


Ilustración 28: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 11: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 5

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos.

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	3,9188	0,0222	(3,7928; 4,0448)	A
RC	2	3,8686	0,0332	(3,7426; 3,9946)	A
RC-AE	2	2,5396	0,0883	(2,4136; 2,6656)	B

Tabla 12: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 5 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,0502	0,0560	(-0,2842; 0,1838)	-0,90	0,679
RC-AE - MC	-1,3792	0,0560	(-1,6132; -1,1452)	-24,64	0,000
RC-AE - RC	-1,3290	0,0560	(-1,5630; -1,0951)	-23,74	0,000

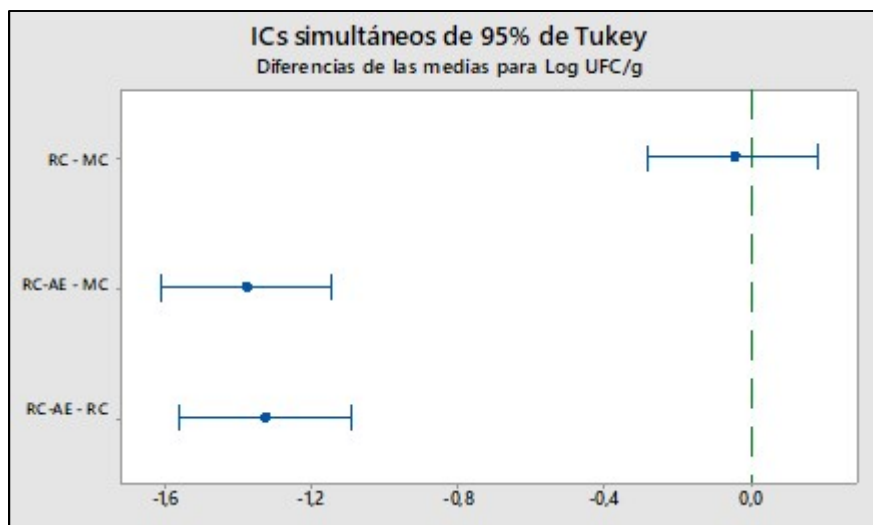


Ilustración 29: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 8

Tabla 13: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 8

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	3,9188	0,0222	(3,7928; 4,0448)	A
RC	2	3,8686	0,0332	(3,7426; 3,9946)	A
RC-AE	2	2,5396	0,0883	(2,4136; 2,6656)	B

Tabla 14: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,0502	0,0560	(-0,2842; 0,1838)	-0,90	0,679
RC-AE - MC	-1,3792	0,0560	(-1,6132; -1,1452)	-24,64	0,000
RC-AE - RC	-1,3290	0,0560	(-1,5630; -1,0951)	-23,74	0,000

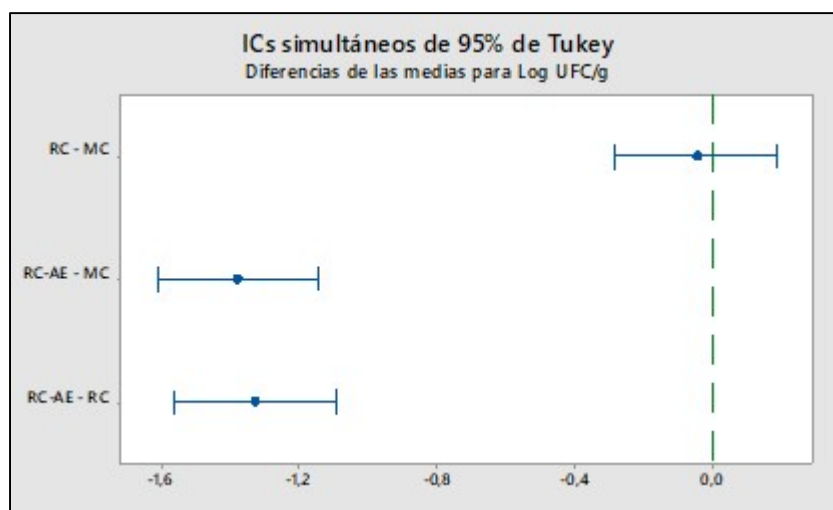


Ilustración 30: Diferencias de las medias /Día 8 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

A.2. Aerobios psicrótrofos

Día 1

Tabla 15: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 1

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	2,6505	0,0685	(2,2372; 3,0638)	A
RC	2	2,822	0,311	(2,408; 3,235)	A
RC-AE	2	0,000051	0,000070	(-0,413264; 0,413365)	B

Tabla 16: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 1 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,171	0,184	(-0,596; 0,939)	0,93	0,660
RC-AE - MC	-2,650	0,184	(-3,418; -1,883)	-14,43	0,001
RC-AE - RC	-2,822	0,184	(-3,589; -2,054)	-15,36	0,001

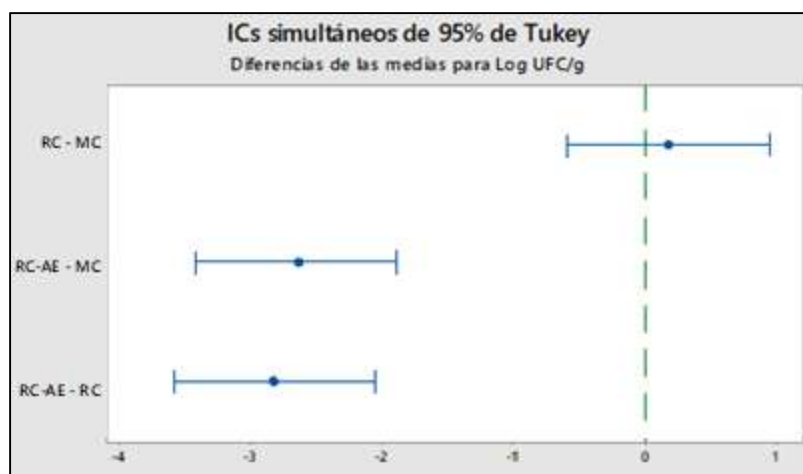


Ilustración 31: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 3

Tabla 17: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 3

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	4,0250	0,0232	(3,8604; 4,1896)	A
RC	2	3,9911	0,1245	(3,8266; 4,1557)	A
RC-AE	2	0,000055	0,000064	(-0,164500; 0,164610)	B

Tabla 18: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 3 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,0339	0,0731	(-0,3394; 0,2717)	-0,46	0,893
RC-AE - MC	-4,0249	0,0731	(-4,3305; -3,7194)	-55,04	0,000
RC-AE - RC	-3,9911	0,0731	(-4,2967; -3,6855)	-54,58	0,000

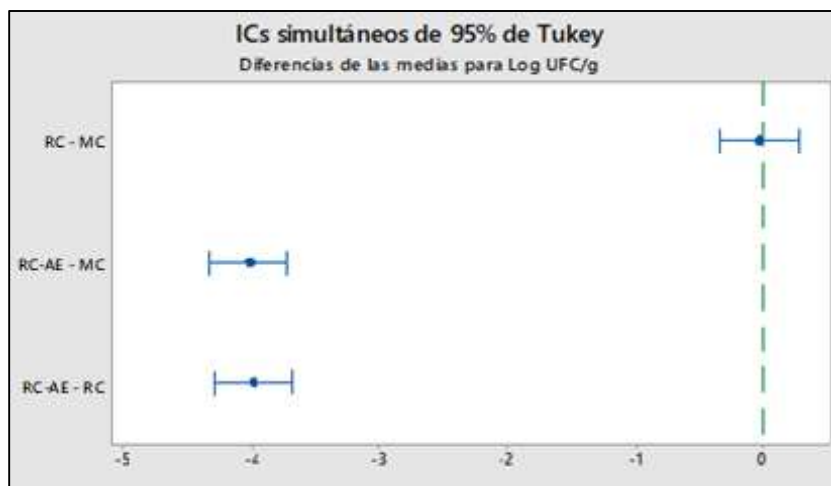


Ilustración 32: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 19: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 5

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	5,6062	0,0439	(4,9598; 5,3302)	A
RC	2	5,7903	0,1356	(4,9019; 5,2723)	A
RC-AE	2	0,000055	0,000071	(-0,185139; 0,185239)	B

Tabla 20: Pruebas simultáneas de Tukey / Día 5 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,0579	0,0823	(-0,4018; 0,2860)	-0,70	0,778
RC-AE - MC	-5,1450	0,0823	(-5,4889; -4,8011)	-62,52	0,000
RC-AE - RC	-5,0871	0,0823	(-5,4310; -4,7431)	-61,82	0,000

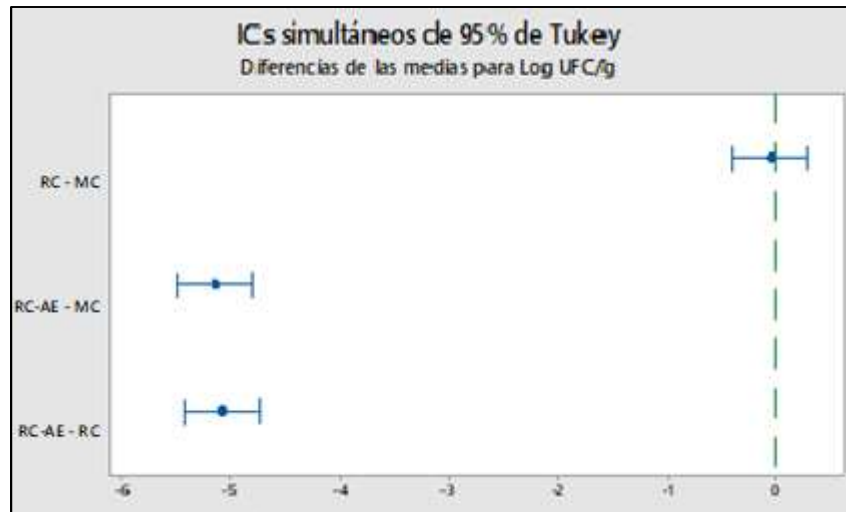


Ilustración 33: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 8

Tabla 21: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 8

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	5,6062	0,0774	(5,4965; 5,7159)	A
RC	2	5,7903	0,0338	(5,6806; 5,9000)	A
RC-AE	2	0,000055	0,000064	(-0,109651; 0,109761)	B

Tabla 22: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,1842	0,0488	(-0,0196; 0,3879)	3,78	0,065
RC-AE - MC	-5,6061	0,0488	(-5,8098; -5,4024)	-114,99	0,000
RC-AE - RC	-5,7903	0,0488	(-5,9940; -5,5865)	-118,77	0,000

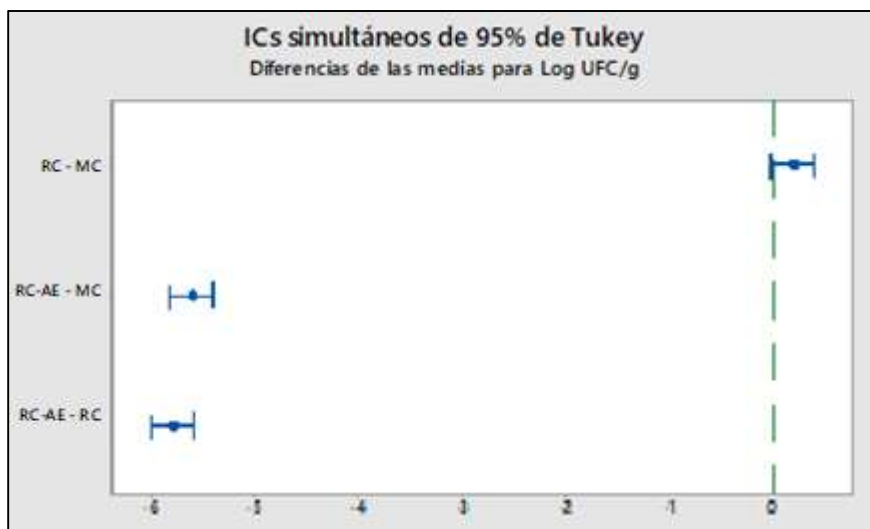


Ilustración 34: Diferencias de las medias /Día 8 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

A.3. Mohos y Levaduras

Día 1

Tabla 23: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 1

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	4,8053	0,0384	(4,6533; 4,9574)	A
RC	2	5,0687	0,1095	(4,9166; 5,2207)	A
RC-AE	2	4,3116	0,0150	(4,1596; 4,4637)	B

Tabla 24: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,2633	0,0676	(-0,0190; 0,5457)	3,90	0,060
RC-AE - MC	-0,4937	0,0676	(-0,7761; -0,2113)	-7,31	0,011
RC-AE - RC	-0,7571	0,0676	(-1,0394; -0,4747)	-11,20	0,003

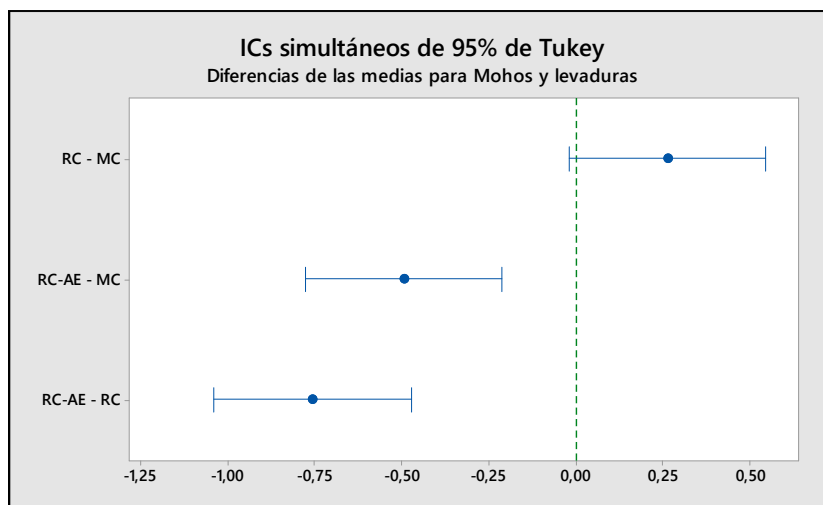


Ilustración 35: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 3

Tabla 25: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 3

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	5,155	0,207	(4,733; 5,577)	A
RC	2	5,477	0,249	(5,055; 5,899)	A
RC-AE	2	4,0603	0,0267	(3,6383; 4,4823)	B

Tabla 26: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 3 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,322	0,188	(-0,461; 1,106)	1,72	0,333
RC-AE - MC	-1,095	0,188	(-1,878; -0,311)	-5,84	0,020
RC-AE - RC	-1,417	0,188	(-2,200; -0,633)	-7,56	0,010

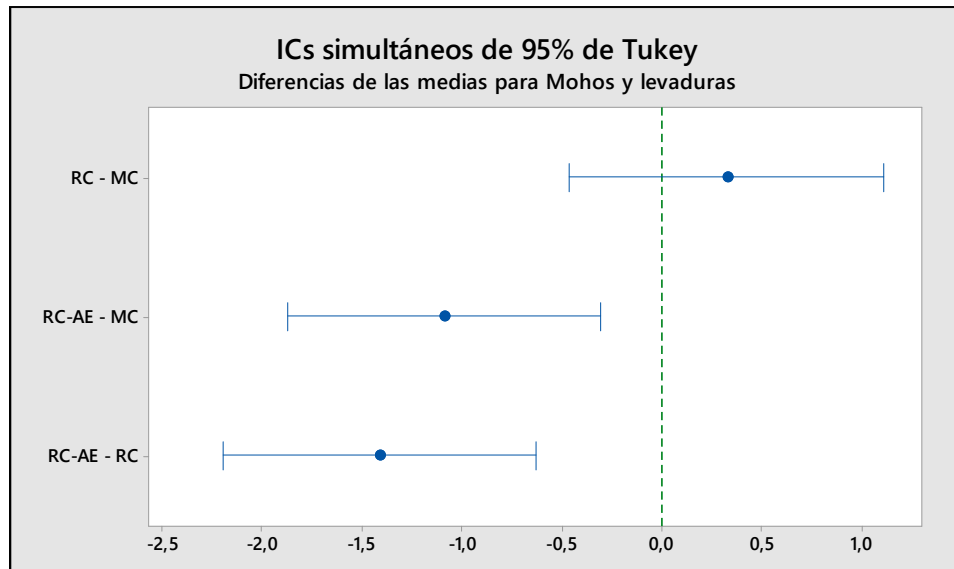


Ilustración 36: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 27: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 5

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	5,3495	0,0685	(5,0243; 5,6747)	A
RC	2	5,588	0,157	(5,263; 5,913)	A
RC-AE	2	4,634	0,183	(4,309; 4,960)	B

Tabla 28: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 5 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,239	0,145	(-0,365; 0,843)	1,65	0,354
RC-AE - MC	-0,715	0,145	(-1,319; -0,111)	-4,95	0,032
RC-AE - RC	-0,954	0,145	(-1,558; -0,350)	-6,60	0,014

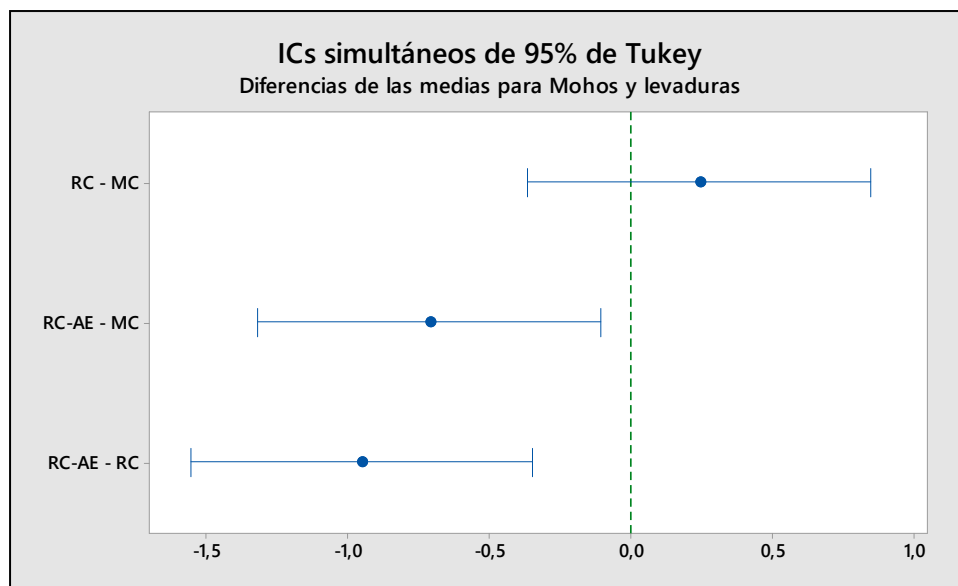


Ilustración 37: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 8

Tabla 29: Comparaciones en parejas de Tukey / Día 8

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Agrupación
MC	2	6,3719	0,1064	(6,1297; 6,6141)	A
RC	2	6,579	0,144	(6,337; 6,821)	A
RC-AE	2	4,8213	0,0509	(4,5791; 5,0635)	B

Tabla 30: Pruebas simultaneas de Tukey / Día 8 para la diferencia de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,207	0,108	(-0,242; 0,657)	1,93	0,277
RC-AE - MC	-1,551	0,108	(-2,000; -1,101)	-14,41	0,001
RC-AE - RC	-1,758	0,108	(-2,208; -1,308)	-16,33	0,001

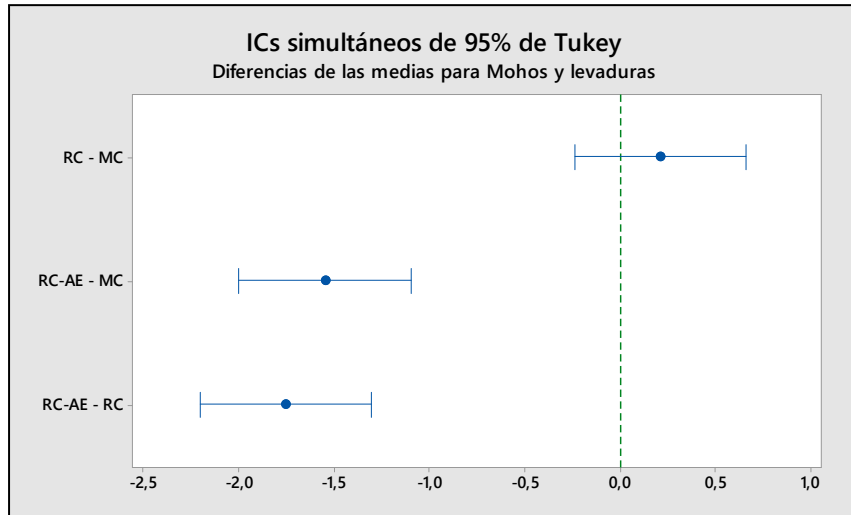


Ilustración 38: Diferencias de las medias /Día 8 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

ANEXO B

Análisis de varianza y diferencia de medias para el ensayo sensorial

B.1 Sabor

Tabla 31: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Sabor)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	5,400	2,7000	2,79	0,079
Error	27	26,100	0,9667		
Total	29	31,500			

Tabla 32: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Sabor

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	10	3,300	0,823	(2,662; 3,938)
RC	10	3,300	1,033	(2,662; 3,938)
RC-AE	10	2,400	1,075	(1,762; 3,038)

Tabla 33: Pruebas simultaneas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC	10	3,300	A
MC	10	3,300	A
RC-AE	10	2,400	A

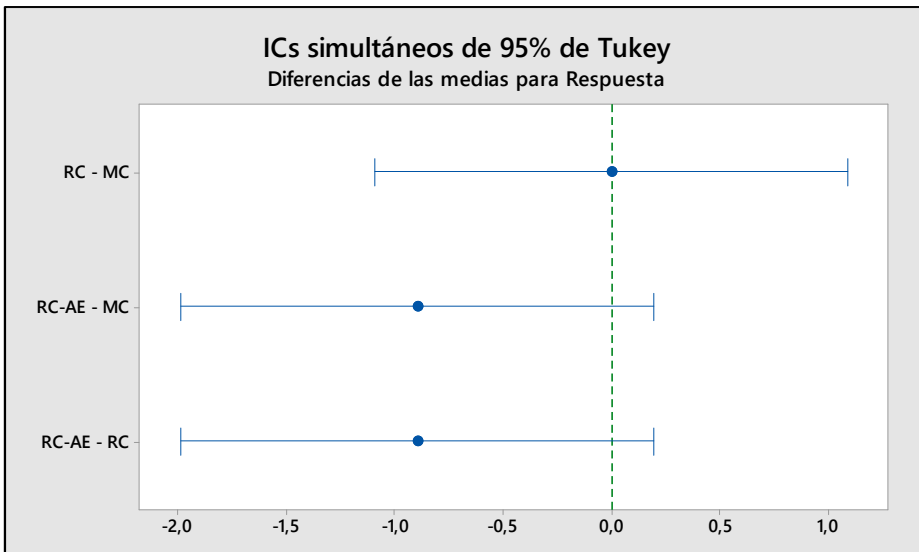


Ilustración 39: Diferencias de las medias /Sabor – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

B.2. Aroma

Tabla 34: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Aroma)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	6,667	3,333	3,14	0,060
Error	27	28,700	1,063		
Total	29	35,367			

Tabla 35: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Aroma

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	10	3,100	0,994	(2,431; 3,769)
RC	10	3,100	1,197	(2,431; 3,769)
RC-AE	10	4,100	0,876	(3,431; 4,769)

Tabla 36: Pruebas simultaneas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

RC-AE	10	4,100	A
RC	10	3,100	A
MC	10	3,100	A

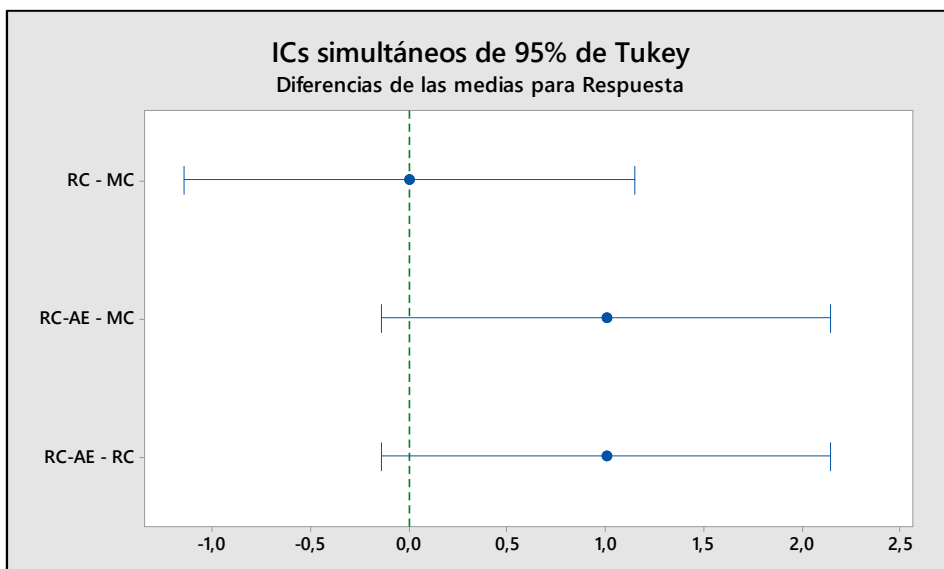


Ilustración 40: Diferencias de las medias /Aroma – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

B.3. Aceptabilidad

Tabla 37: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Aceptabilidad)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2,867	1,433	1,07	0,356
Error	27	36,100	1,337		
Total	29	38,967			

Tabla 38: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Aceptabilidad

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	10	3,800	1,111	(3,050; 4,550)
RC	10	3,700	1,252	(2,950; 4,450)
RC-AE	10	3,100	1,101	(2,350; 3,850)

Tabla 39: Pruebas simultaneas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
MC	10	3,800	A
RC	10	3,700	A
RC-AE	10	3,100	A

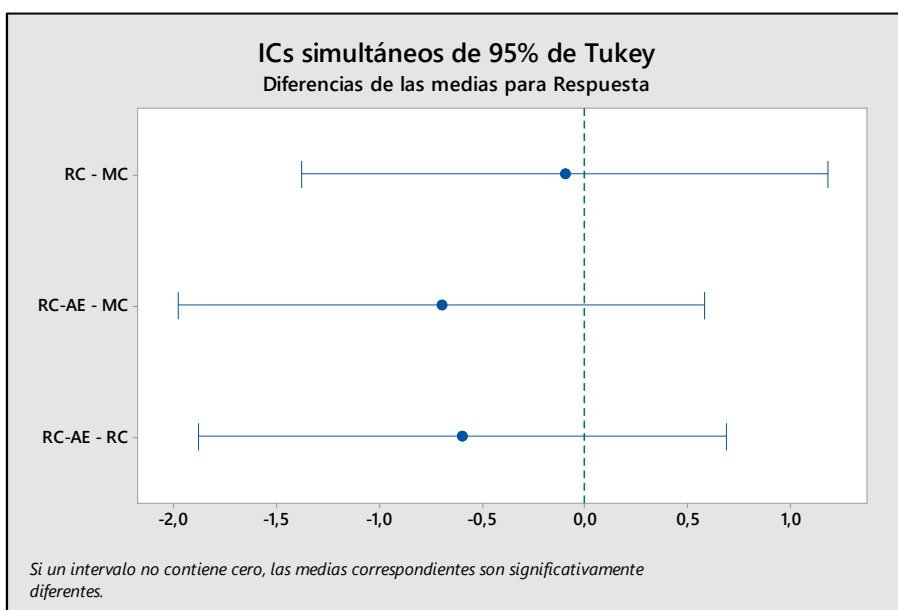


Ilustración 41: Diferencias de las medias /Aceptabilidad– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

B.4. Textura

Tabla 40: Análisis de Varianza para análisis sensorial (Textura)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	11,52	5,7583	6,80	0,004
Error	27	22,85	0,8463		
Total	29	34,37			

Tabla 41: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis Sensorial / Textura

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	10	4,250	0,717	(3,653; 4,847)
RC	10	3,300	0,919	(2,703; 3,897)
RC-AE	10	2,750	1,087	(2,153; 3,347)

Tabla 42: Pruebas simultaneas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación	
MC	10	4,250	A	
RC	10	3,300	A	B
RC-AE	10	2,750	B	

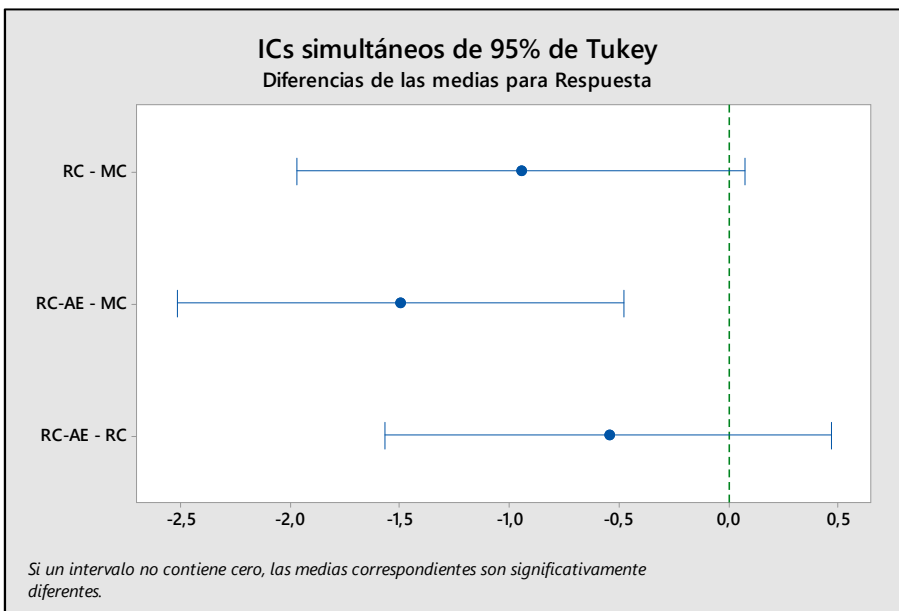


Ilustración 42: Diferencias de las medias /Aceptabilidad– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

ANEXO C

Análisis de varianza y diferencia de medias para análisis de color

C1. Parámetro de Color -Luminosidad

Día 4

Tabla 43: Análisis de Medias parámetro de color -Luminosidad

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	16,483	1,235	(14,476; 18,491)
RC	6	17,02	2,75	(15,01; 19,02)
RC-AE	6	18,83	2,63	(16,83; 20,84)

Tabla 44: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ Luminosidad

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC-AE	6	18,83	A
RC	6	17,02	A
MC	6	16,483	A

Tabla 45: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,53	1,33	(-2,92; 3,99)	0,40	0,916
RC-AE - MC	2,35	1,33	(-1,11; 5,81)	1,76	0,215
RC-AE - RC	1,82	1,33	(-1,64; 5,27)	1,36	0,384

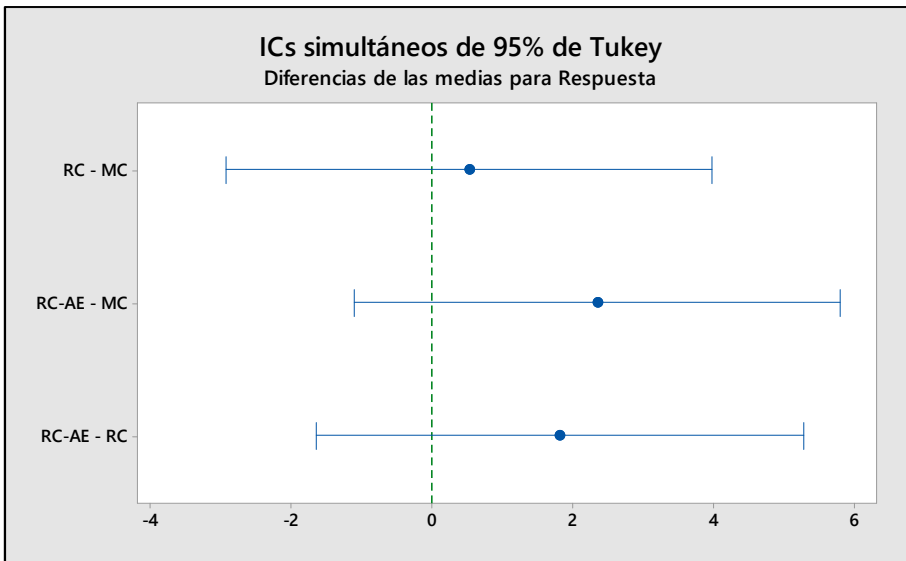


Ilustración 43: Diferencias de las medias /L*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 46: Análisis de Medias parámetro de color –Luminosidad

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	18,37	4,48	(15,25; 21,49)
RC	6	16,783	1,779	(13,662; 19,904)
RC-AE	6	18,57	3,92	(15,45; 21,69)

Tabla 47: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ Luminosidad
Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC-AE	6	18,57	A
MC	6	18,37	A
RC	6	16,783	A

Tabla 48: Pruebas Simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
-----------------------	--------------------------	------------------	-----------	---------	------------------

RC - MC	-1,58	2,07	(-6,96; 3,79)	-0,76	0,730
RC-AE - MC	0,20	2,07	(-5,17; 5,57)	0,10	0,995
RC-AE - RC	1,78	2,07	(-3,59; 7,16)	0,86	0,672

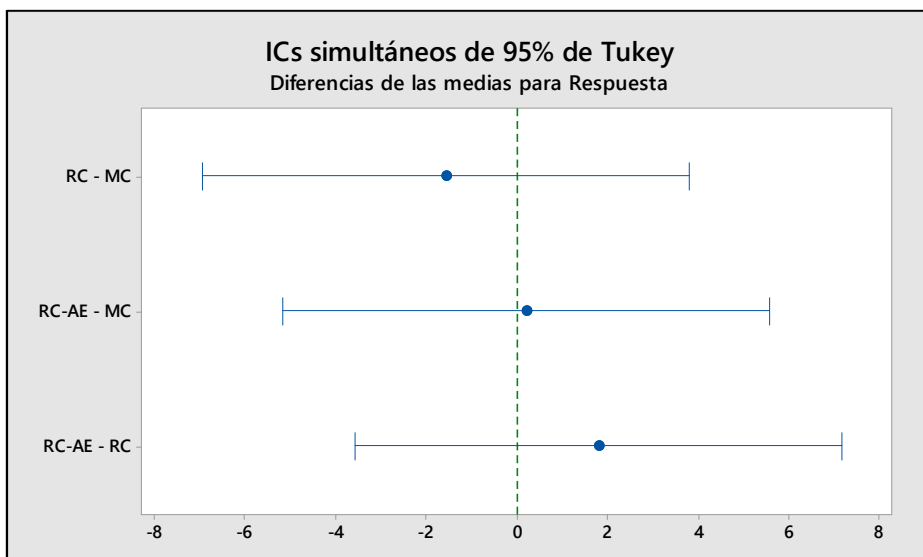


Ilustración 44: Diferencias de las medias /L*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 10

Tabla 49: Análisis de Medias parámetro de color -Luminosidad

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	17,23	2,76	(15,14; 19,33)
RC	6	18,02	2,73	(15,92; 20,11)
RC-AE	6	17,267	1,525	(15,171; 19,362)

Tabla 50: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ Luminosidad
Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
---------------	----------	--------------	-------------------

RC	6	18,02	A
RC-AE	6	17,267	A
MC	6	17,23	A

Tabla 51: Pruebas Simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,78	1,39	(-2,82; 4,39)	0,56	0,841
RC-AE - MC	0,03	1,39	(-3,57; 3,64)	0,02	1,000
RC-AE - RC	-0,75	1,39	(-4,36; 2,86)	-0,54	0,853

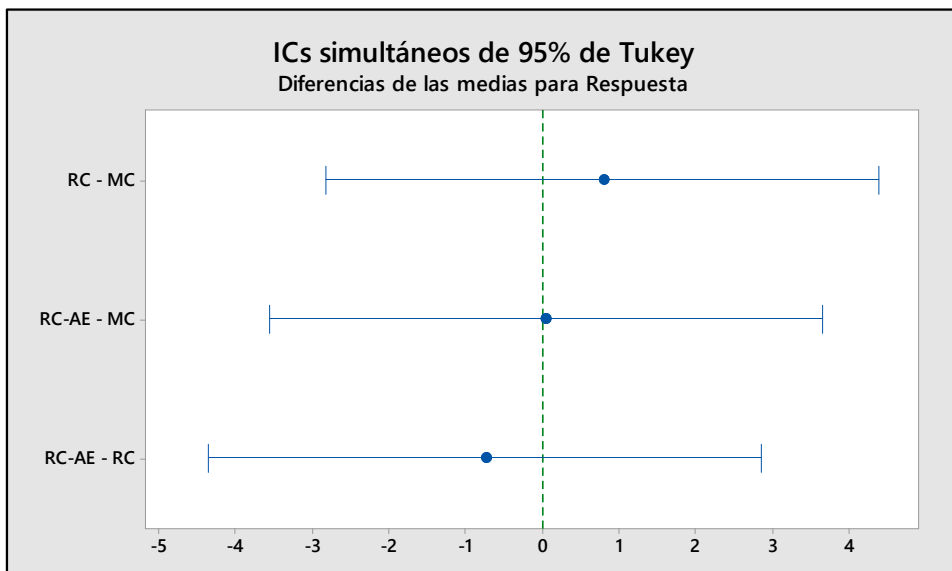


Ilustración 45: Diferencias de las medias /L*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

C2. Parámetro de Color – Cromaticidad (a*)

Día 4

Tabla 52: Análisis de Medias parámetro de color – a*

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	3,767	2,102	(0,540; 6,994)
RC	6	10,783	0,397	(7,556; 14,010)
RC-AE	6	10,47	6,06	(7,24; 13,69)

Tabla 53: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ a*

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC	6	10,783	A
RC-AE	6	10,47	A
MC	6	3,767	B

Tabla 54: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	7,02	2,14	(1,46; 12,57)	3,28	0,013
RC-AE - MC	6,70	2,14	(1,14; 12,26)	3,13	0,018
RC-AE - RC	-0,32	2,14	(-5,87; 5,24)	-0,15	0,988

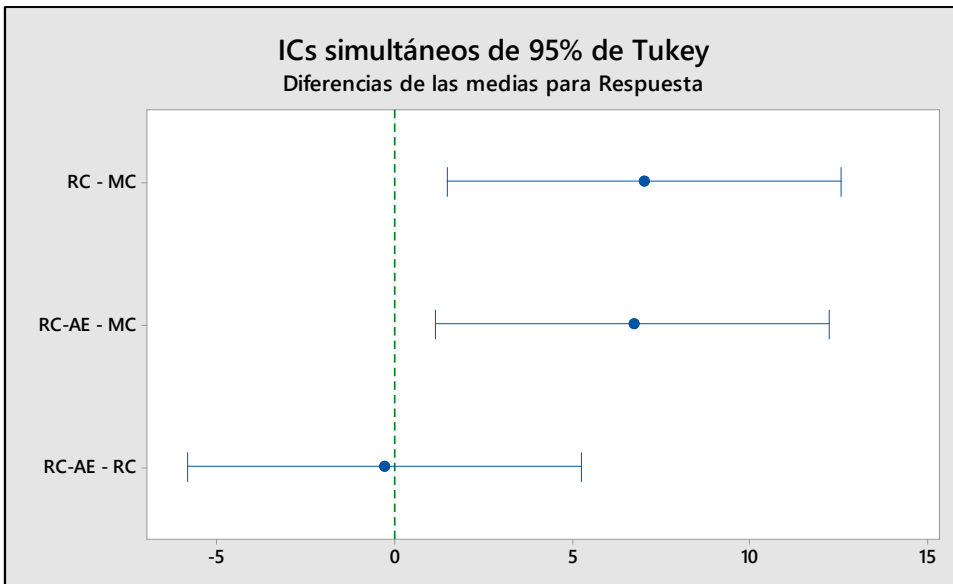


Ilustración 46: Diferencias de las medias /a*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 55: Análisis de Medias parámetro de color – a*

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	10,30	5,62	(6,44; 14,16)
RC	6	4,767	1,631	(0,907; 8,626)
RC-AE	6	8,55	4,98	(4,69; 12,41)

Tabla 56: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ a*

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
MC	6	10,30	A
RC-AE	6	8,55	A
RC	6	4,767	A

Tabla 57: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-5,53	2,56	(-12,18; 1,11)	-2,16	0,111
RC-AE - MC	-1,75	2,56	(-8,40; 4,90)	-0,68	0,777
RC-AE - RC	3,78	2,56	(-2,86; 10,43)	1,48	0,329

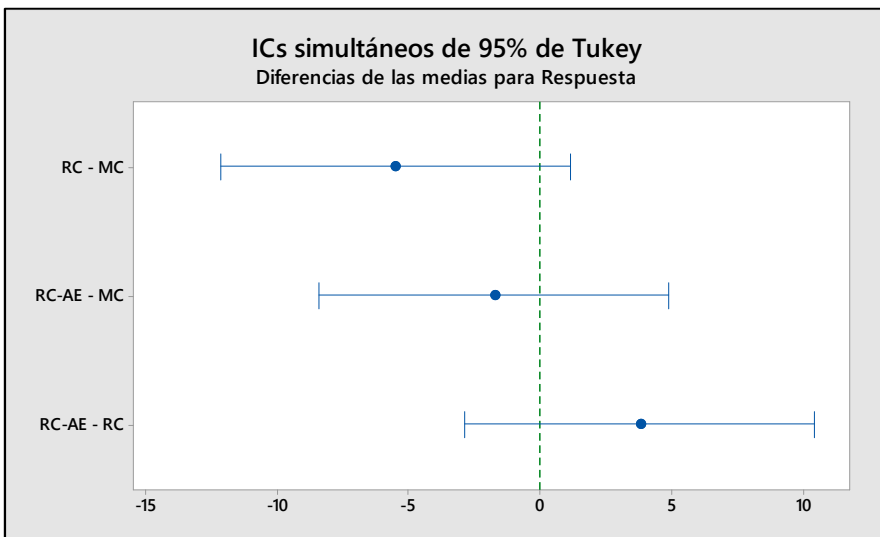


Ilustración 47: Diferencias de las medias /a*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 10

Tabla 58: Análisis de Medias parámetro de color – a*

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	2,517	0,816	(-0,271; 5,304)
RC	6	4,20	2,69	(1,41; 6,99)
RC-AE	6	8,43	4,78	(5,65; 11,22)

Tabla 59: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ a*

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

MC	6	10,30	A
RC-AE	6	8,55	A
RC	6	4,767	A

Tabla 60: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	1,68	1,85	(-3,12; 6,48)	0,91	0,642
RC-AE - MC	5,92	1,85	(1,12; 10,72)	3,20	0,016
RC-AE - RC	4,23	1,85	(-0,57; 9,03)	2,29	0,088

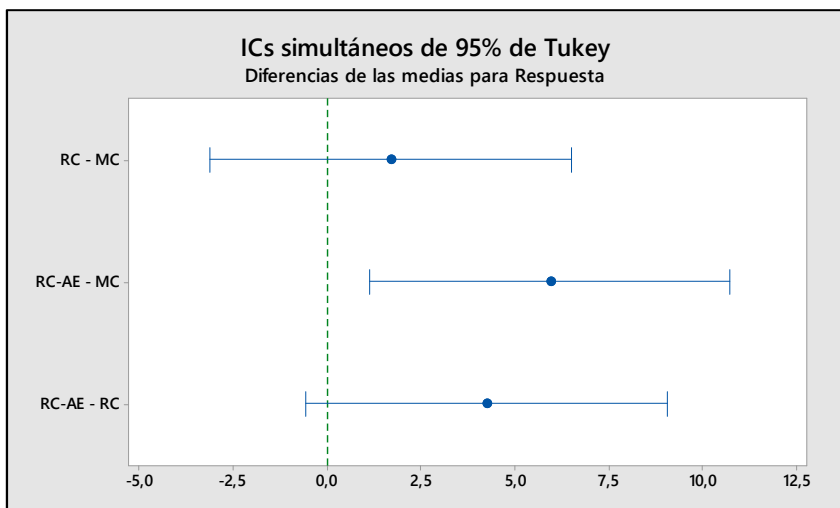


Ilustración 48: Diferencias de las medias /a*- Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

C3. Parámetro de Color – Cromaticidad (b*)

Día 4

Tabla 61: Análisis de Medias parámetro de color – b*

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	1,033	0,807	(0,097; 1,970)
RC	6	1,500	1,051	(0,563; 2,437)
RC-AE	6	1,233	1,313	(0,297; 2,170)

Tabla 62: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ b*

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC	6	1,500	A
RC-AE	6	1,233	A
MC	6	1,033	A

Tabla 63: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,467	0,622	(-1,146; 2,080)	0,75	0,738
RC-AE - MC	0,200	0,622	(-1,413; 1,813)	0,32	0,945
RC-AE - RC	-0,267	0,622	(-1,880; 1,346)	-0,43	0,904

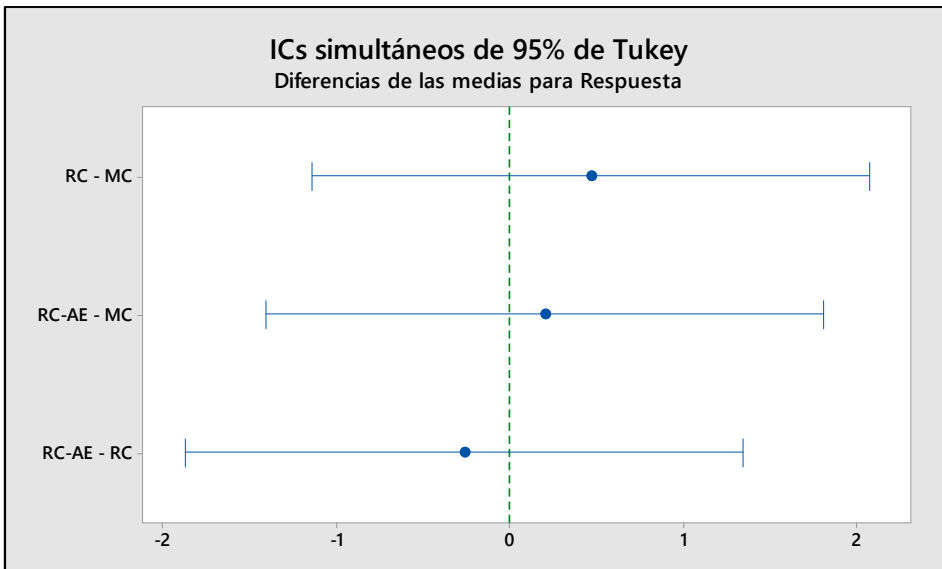


Ilustración 49: Diferencias de las medias /b*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 64: Análisis de Medias parámetro de color – b*

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	2,683	1,710	(1,458; 3,909)
RC	6	0,833	0,625	(-0,392; 2,059)
RC-AE	6	1,717	1,623	(0,491; 2,942)

Tabla 65: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ b*

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
MC	6	2,683	A
RC-AE	6	1,717	A
RC	6	0,833	A

Tabla 66: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
-----------------------	--------------------------	------------------	-----------	---------	------------------

RC - MC	-1,850	0,813	(-3,960; 0,260)	-2,28	0,091
RC-AE - MC	-0,967	0,813	(-3,077; 1,143)	-1,19	0,477
RC-AE - RC	0,883	0,813	(-1,227; 2,993)	1,09	0,537

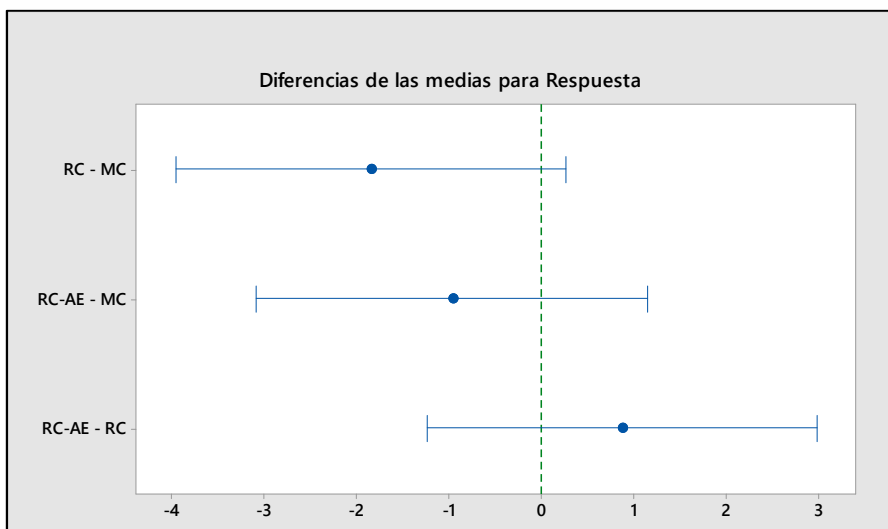


Ilustración 50: Diferencias de las medias /b*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 10

Tabla 67: Análisis de Medias parámetro de color – b*

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	6	0,317	1,191	(-0,760; 1,394)
RC	6	0,850	1,193	(-0,227; 1,927)
RC-AE	6	1,800	1,325	(0,723; 2,877)

Tabla 68: Comparaciones en parejas de Tukey / Análisis de Color/ b*

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC-AE	6	1,800	A
RC	6	0,850	A
MC	6	0,317	A

Tabla 69: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,533	0,715	(-1,321; 2,388)	0,75	0,740
RC-AE - MC	1,483	0,715	(-0,371; 3,338)	2,08	0,129
RC-AE - RC	0,950	0,715	(-0,905; 2,805)	1,33	0,401

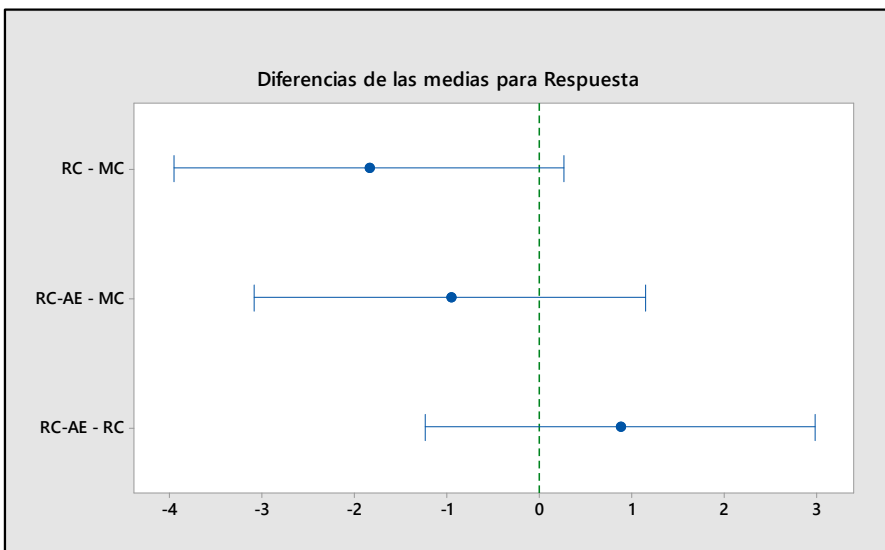


Ilustración 51: Diferencias de las medias /b*– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

ANEXO D

Análisis de varianza y diferencia de medias para el análisis físico químico

D.1 pH

Día 1

Tabla 70: Análisis de Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	3,0400	0,0458	(2,9857; 3,0943)
RC	3	2,9767	0,0379	(2,9224; 3,0310)
RC-AE	3	2,9700	0,0300	(2,9157; 3,0243)

Tabla 71: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
MC	3	3,0400	A
RC	3	2,9767	A
RC-AE	3	2,9700	A

Tabla 72: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,0633	0,0314	(-0,1597; 0,0330)	-2,02	0,189
RC-AE - MC	-0,0700	0,0314	(-0,1663; 0,0263)	-2,23	0,144
RC-AE - RC	-0,0067	0,0314	(-0,1030; 0,0897)	-0,21	0,976

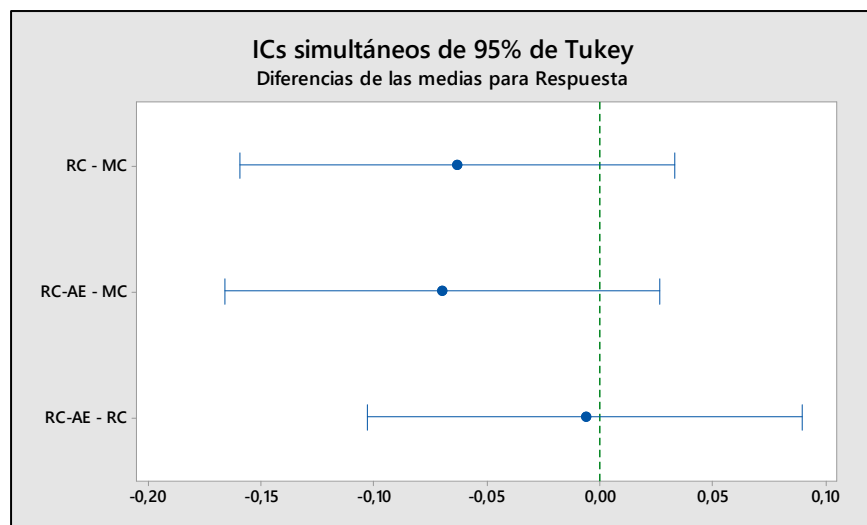


Ilustración 52: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 3

Tabla 73: Análisis de Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	2,9267	0,0252	(2,8848; 2,9685)
RC	3	3,1100	0,0361	(3,0681; 3,1519)
RC-AE	3	3,2200	0,0265	(3,1781; 3,2619)

Tabla 74: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC-AE	3	3,2200	A
RC	3	3,1100	B
MC	3	2,9267	C

Tabla 75: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
-----------------------	--------------------------	------------------	-----------	---------	------------------

RC - MC	0,1833	0,0242	(0,1091; 0,2576)	7,58	0,001
RC-AE - MC	0,2933	0,0242	(0,2191; 0,3676)	12,13	0,000
RC-AE - RC	0,1100	0,0242	(0,0358; 0,1842)	4,55	0,009

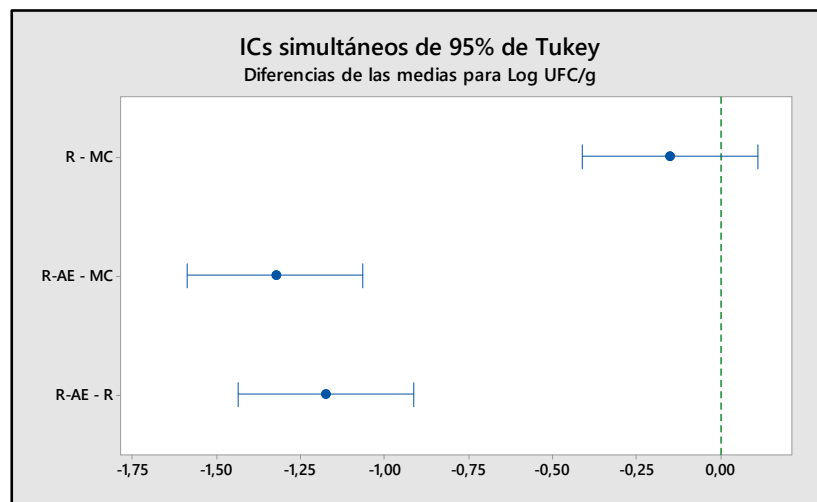


Ilustración 53: Diferencias de las medias /Día 3 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 76: Análisis de Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	3,04667	0,01528	(2,99981; 3,09352)
RC	3	3,0567	0,0208	(3,0098; 3,1035)
RC-AE	3	2,9733	0,0513	(2,9265; 3,0202)

Tabla 77: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
RC	3	3,0567	A
MC	3	3,04667	A B
RC-AE	3	2,9733	B

Tabla 78: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,0100	0,0271	(-0,0731; 0,0931)	0,37	0,928
RC-AE - MC	-0,0733	0,0271	(-0,1564; 0,0098)	-2,71	0,078
RC-AE - RC	-0,0833	0,0271	(-0,1664; -0,0002)	-3,08	0,049

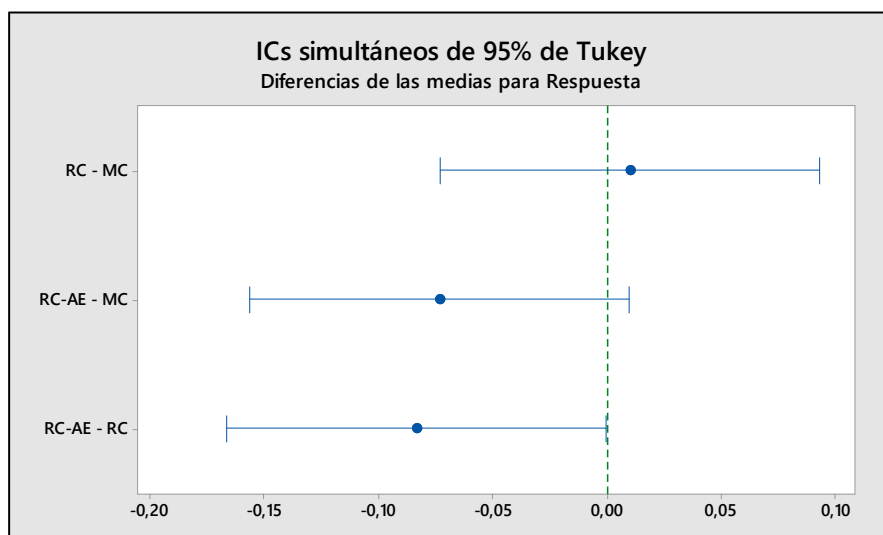


Ilustración 54: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

D.2 Acidez

Día 1

Tabla 79: Análisis de Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	2,6700	0,0265	(2,6276; 2,7124)
RC	3	4,0400	0,0400	(3,9976; 4,0824)
RC-AE	3	2,9500	0,0200	(2,9076; 2,9924)

Tabla 80: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
RC	3	4,0400	A
RC-AE	3	2,9500	B
MC	3	2,6700	C

Tabla 81: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	1,3700	0,0245	(1,2948; 1,4452)	55,93	0,000
RC-AE - MC	0,2800	0,0245	(0,2048; 0,3552)	11,43	0,000
RC-AE - RC	-1,0900	0,0245	(-1,1652; -1,0148)	-44,50	0,000

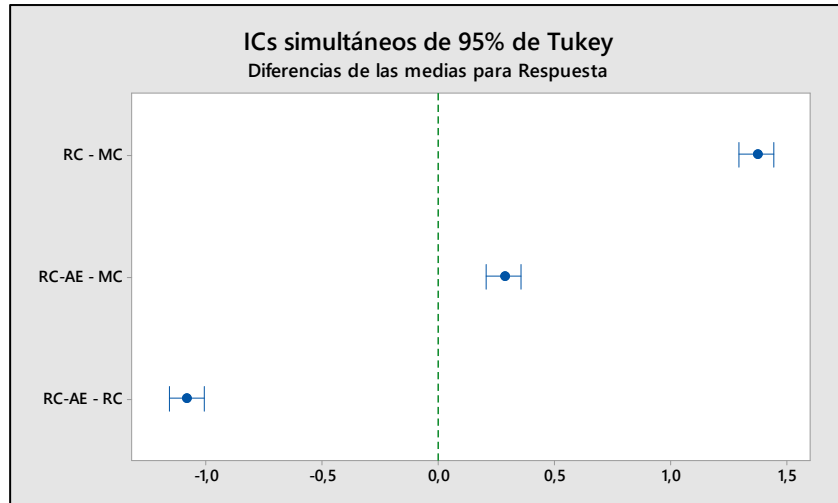


Ilustración 55: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 3

Tabla 82: Análisis de Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	2,3233	0,0306	(2,2823; 2,3644)
RC	3	2,3400	0,0265	(2,2989; 2,3811)
RC-AE	3	2,2200	0,0300	(2,1789; 2,2611)

Tabla 83: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
RC	3	2,3400	A
MC	3	2,3233	A
RC-AE	3	2,2200	B

Tabla 84: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,0167	0,0237	(-0,0561; 0,0895)	0,70	0,771
RC-AE - MC	-0,1033	0,0237	(-0,1761; -0,0305)	-4,36	0,011
RC-AE - RC	-0,1200	0,0237	(-0,1928; -0,0472)	-5,06	0,006

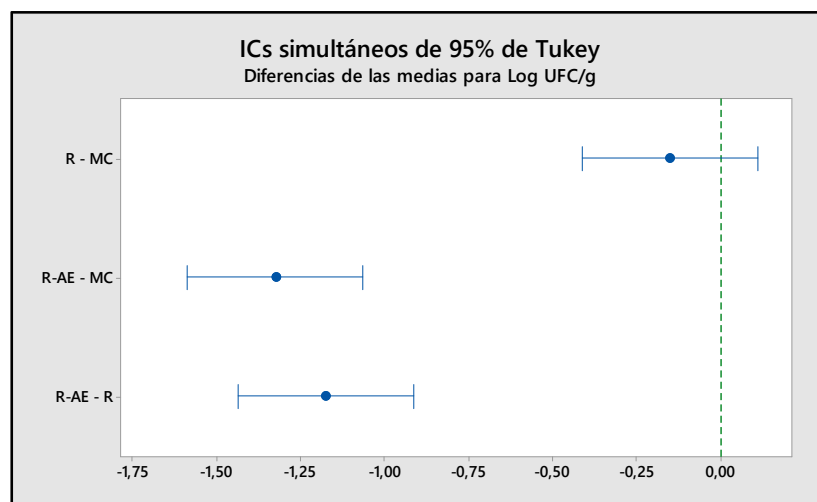


Ilustración 56: Diferencias de las medias /Día 3– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 85: Análisis de Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	1,9000	0,0436	(1,8536; 1,9464)
RC	3	2,1200	0,0265	(2,0736; 2,1664)
RC-AE	3	2,1133	0,0252	(2,0670; 2,1597)

Tabla 86: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
RC	3	2,1200	A

RC-AE	3	2,1133	A
MC	3	1,9000	B

Tabla 87: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,2200	0,0268	(0,1377; 0,3023)	8,21	0,000
RC-AE - MC	0,2133	0,0268	(0,1311; 0,2956)	7,96	0,001
RC-AE - RC	-0,0067	0,0268	(-0,0889; 0,0756)	-0,25	0,967

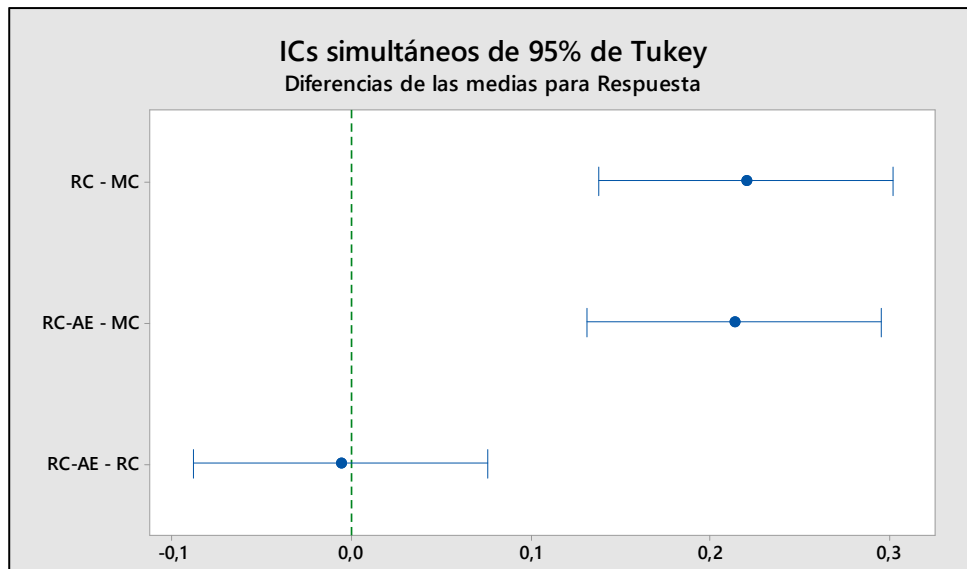


Ilustración 57: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

D.3 Dureza

Día 1

Tabla 88: Análisis de Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	3,9400	0,0200	(3,9038; 3,9762)
RC	3	4,4467	0,0252	(4,4105; 4,4828)
RC-AE	3	4,2833	0,0306	(4,2472; 4,3195)

Tabla 89: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
RC	3	4,4467	A
RC-AE	3	4,2833	B
MC	3	3,9400	C

Tabla 90: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,5067	0,0209	(0,4425; 0,5708)	24,24	0,000
RC-AE - MC	0,3433	0,0209	(0,2792; 0,4075)	16,42	0,000
RC-AE - RC	-0,1633	0,0209	(-0,2275; -0,0992)	-7,81	0,001

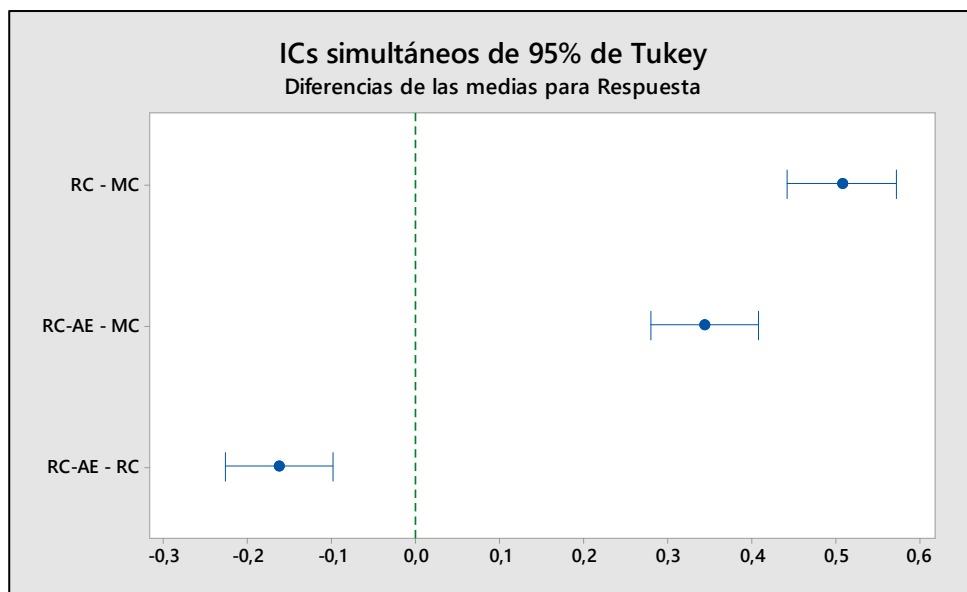


Ilustración 58: Diferencias de las medias /Día 1 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 3

Tabla 91: Análisis de Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	4,0833	0,0351	(4,0148; 4,1519)
RC	3	4,3300	0,0721	(4,2614; 4,3986)
RC-AE	3	2,9267	0,0252	(2,8581; 2,9952)

Tabla 92: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
RC	3	4,3300	A
MC	3	4,0833	B
RC-AE	3	2,9267	C

Tabla 93: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	0,2467	0,0396	(0,1251; 0,3683)	6,22	0,002
RC-AE - MC	-1,1567	0,0396	(-1,2783; -1,0351)	-29,19	0,000
RC-AE - RC	-1,4033	0,0396	(-1,5249; -1,2817)	-35,41	0,000

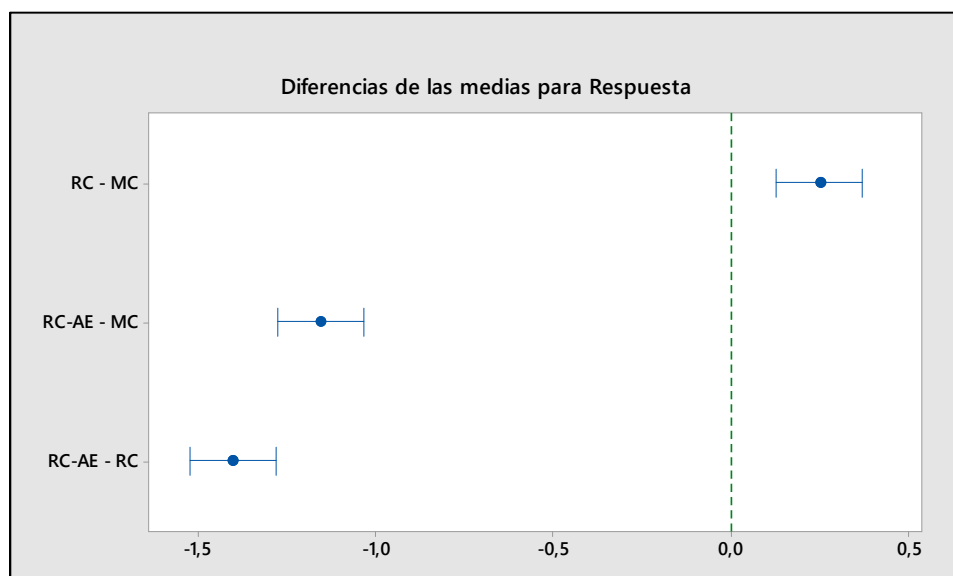


Ilustración 59: Diferencias de las medias /Día 3– Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas

Día 5

Tabla 94: Análisis de Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
MC	3	4,3800	0,0300	(4,3317; 4,4283)
RC	3	3,3900	0,0265	(3,3417; 3,4383)
RC-AE	3	3,6500	0,0436	(3,6017; 3,6983)

Tabla 95: Comparaciones en parejas de Tukey

Las medias que no comparten la misma letra en la agrupación tienen diferencias significativas del resto de tratamientos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
-------------	---	-------	------------

RC	3	2,1200	A
RC-AE	3	2,1133	A
MC	3	1,9000	B

Tabla 96: Pruebas simultaneas de Tukey

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
RC - MC	-0,9900	0,0279	(-1,0756; -0,9044)	-35,50	0,000
RC-AE - MC	-0,7300	0,0279	(-0,8156; -0,6444)	-26,18	0,000
RC-AE - RC	0,2600	0,0279	(0,1744; 0,3456)	9,32	0,000

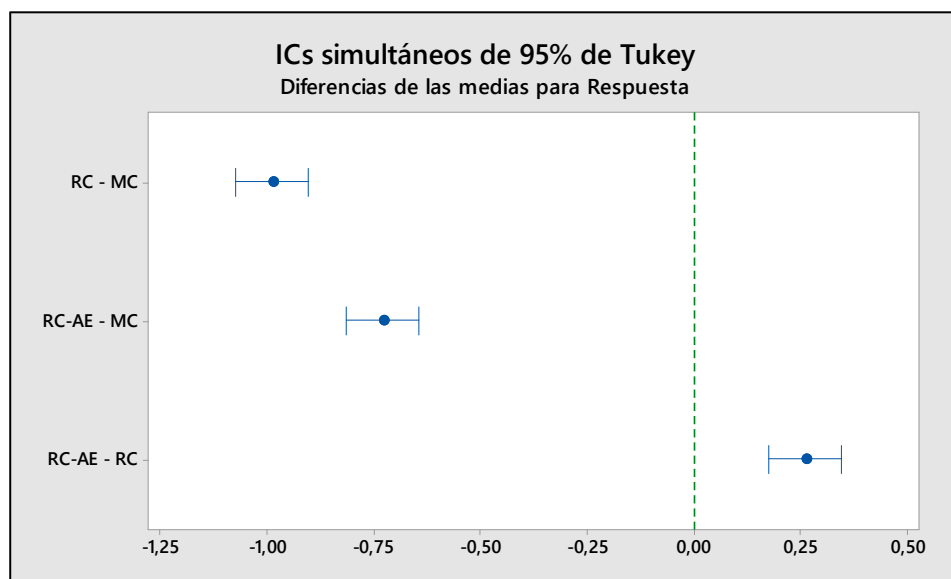


Ilustración 60: Diferencias de las medias /Día 5 – Los intervalos que no cruzan el cero, se estima que tienen diferencias significativas