



“Evaluación de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica para la conservación de: banano (*M. paradisiaca L.*) y papaya hawaiana (*Carica papaya L.*)”.

Baque Vega, Ariana Paola y Romero Marín, Katherine Elizabeth

Departamento de Ciencias de la vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería en Biotecnología

PhD. Sánchez Llaguno, Sungey Naynee

1 de septiembre del 2021

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis. Srta.Baque-Srta. Romero. docx (D111729343)
 Submitted: 8/27/2021 4:55:00 AM
 Submitted by: neiramosquera@uteq.edu.ec
 Significance: 6 %

Sources included in the report:

tesis unido Gtv2 (3) (1).docx (D110487508)
 TESIS MADELEN MERO REVISADA (1).docx (D105595062)
 "Bioconservación de carnes para el consumo humano con la adición de mucilago de cacao (Theobroma cacao L.)".docx (D110828296)
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000100012&lng=en&tlng=esPinto,
<https://doi.org/10.35691/JBM.8102.0085>
<https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/103805/>
 CONICET_Digital_Nro_8cef83fa-2860-4649-a04a-afc9e5f8660b_A.pdf?
 sequence=2&isAllowed=ySab
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000800012&lng=es&tlng=en.Shaikh,
http://mcta.uas.edu.mx/pdf/repositorio/2014-2016/04_Cabanillas_Bojorquez_Luis_Angel.pdf
<https://www.redalyc.org/journal/6061/606163652005/html/>
https://www.sem microbiologia.org/wp-content/uploads/2021/04/CONGRESO-Valladolid_2010.pdf
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1367/1/TTAI21D.pdf>
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6077/1/27T0313.pdf>
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17606/EVALUACION%20DEL%20EFECTO%20INHIBITORIO.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/11259/1/RodriguezDiana_2019_ValidacionCuantificacionProbiotico.pdf
http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/205/Ram%C3%ADrez_FME_Troyes_NW.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instances where selected sources appear:

32

Firma:



Estado electrónico: correcto
SUNGEY NAYNEE
SANCHEZ LLAGUNO

Sánchez Llaguno Sungey Naynee, Ph.D.

C.C. 1205348673



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Evaluación de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica para la conservación de: banano (*M. paradisiaca L.*) y papaya hawaiana (*Carica papaya L.*)**” fue realizado por las señoritas **Baque Vega Ariana Paola** y **Romero Marín Katherine Elizabeth** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 1 de septiembre de 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:
SUNGEY NAYNEE
SANCHEZ LLAGUNO

Sanchez Llaguno Sungey Naynee, Ph.D.

C.C. 1205348673



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA CARRERA
DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotras, **Baque Vega Ariana Paola** y **Romero Marín Katherine Elizabeth** con cédulas de ciudadanía n°1723233266 y 1718879875, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Evaluación de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica para la conservación de: banano (*M. paradisiaca* L.) y papaya hawaiana (*Carica papaya* L.)”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 1 de septiembre del 2021

Firma:

Baque Vega Ariana Paola

C.C. 1723233266

Firma:

Romero Marín Katherine Elizabeth

C.C. 1718879875



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA CARRERA
DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotras **Baque Vega Ariana Paola** y **Romero Marín Katherine Elizabeth** con cédulas de ciudadanía nº1723233266 y 1718879875, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “**Evaluación de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica para la conservación de: banano (*M. paradisiaca* L.) y papaya hawaiana (*Carica papaya* L.)**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 1 de septiembre del 2021

Firma:

Baque Vega Ariana Paola

C.C. 1723233266

Firma:

Romero Marín Katherine Elizabeth

C.C. 1718879875

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia, por brindarme su amor incondicional y apoyo para culminar mis proyectos. A mis hermanos que, en momentos difíciles, me han ayudado a enfrentar y superar cualquier adversidad.

Principalmente a mis padres, quienes son una parte fundamental en mi vida, que además de brindarme, sus enseñanzas y valores, han sido guía en mi formación personal, permitiéndome continuar y culminar con esta etapa universitaria.

Ariana

Dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con sentimientos y valores que me han ayudado a no claudicar en los momentos difíciles.

También, la dedico a mis hermanos Francis y Ashley quienes han sido mi mayor motivación para no rendirme en mis estudios y poder convertirme en un ejemplo para ellos.

Katherine

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme vivir, brindarme fortaleza y sabiduría necesaria para continuar con
mis metas propuestas.

A mi familia por enseñarme a no rendirme ante las dificultades, por brindarme apoyo en
todo momento.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Santo Domingo y a sus docentes,
que con sus experiencias y conocimientos impartidos intervinieron en mi formación
profesional.

A mi directora de tesis Ph.D. Sungey Sánchez por su gentil contribución y tiempo
invertido en el desarrollo de este trabajo de titulación; al Ph.D. Juan Neira por su
asesoría durante toda esta etapa.

Al Ing. Avilés, J. por su aporte en la realización de esta tesis

A todo ser querido que ha influenciado en este aprendizaje de vida.

Ariana

En primer lugar, mi agradecimiento se dirige a Dios quien me permite la alegría de vivir, quien ha guiado mi camino, me ha dado la entereza para culminar cada uno de mis proyectos.

A mi familia quienes, con su comprensión, apoyo incondicional me han acompañado en cada uno de mis propósitos y más que nada, por guiarme para ser mejor persona.

A mis profesores Ph.D Sungey Sánchez y Ph.D Juan Neira quienes con su asesoría y paciencia han contribuido en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Avilés, J. quien gentilmente ha ofrecido sus recomendaciones y apoyo para la realización de esta tesis.

Mi gratitud a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Santo Domingo y a mis profesores por brindarme sus conocimientos que han contribuido en mi formación académica.

A mis compañeros y amigos, especialmente a Ariana B. y Karen S., quienes con su compañía han hecho que esta etapa de mi vida sea más agradable.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma me han apoyado a lo largo de mis estudios.

Katherine

ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula.....	1
Análisis Urkund	2
Certificación	3
Responsabilidad de auditoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	8
Índice de contenido	10
Índice de tablas	15
Índice de figuras.....	18
Resumen.....	20
Abstract.....	21
Capítulo I.....	22
Introducción.....	22
Objetivos.....	24
<i>Objetivo General</i>	24
<i>Objetivos específicos</i>	24
Hipótesis.....	25
<i>Hipótesis Nula</i>	25
<i>Hipótesis Alternativa</i>	25
Capítulo II.....	26
Revisión de Literatura	26
Bacterias ácido lácticas	26
<i>Clasificación de las bacterias ácido lácticas</i>	26
<i>Efecto probiótico de BAL</i>	29
<i>Metabolitos con efectos inhibitorios producidos por BAL</i>	29
Aislamiento de BAL	31
<i>Microbiología de productos lácteos</i>	31
<i>Cuajada</i>	32
Conservación de frutos en la industria alimentaria.....	32
<i>Métodos físicos</i>	32
<i>Métodos químicos</i>	33
<i>Métodos no convencionales</i>	33

<i>Métodos naturales</i>	34
Generalidades de los frutos.....	35
<i>Banano</i>	35
<i>Papaya</i>	37
Capitulo III	40
Materiales y métodos	40
Ubicación del Área de Investigación	40
<i>Ubicación Política</i>	40
<i>Ubicación Ecológica</i>	40
<i>Ubicación Geográfica</i>	41
Materiales	42
<i>Obtención de bacterias ácido lácticas</i>	42
<i>Caracterización morfológica de los aislados BAL</i>	43
<i>Prueba de catalasa</i>	43
<i>Prueba de tolerancia al pH</i>	44
<i>Prueba de tolerancia a NaCl</i>	44
<i>Determinación de la fermentación de azúcares</i>	45
<i>Recuento de UFC y densidad óptica de BAL</i>	45
<i>Determinación de inhibición entre BAL y microbiota de los frutos</i>	46
<i>Determinación de pH</i>	47
<i>Determinación de sólidos solubles</i>	47
<i>Determinación de acidez titulable</i>	48
<i>Determinación del periodo de validez</i>	48
<i>Determinación microbiológica</i>	49
Métodos.....	50
<i>Obtención de bacterias ácido lácticas</i>	50
<i>Siembra y aislamiento de BAL en Agar MRS</i>	50
<i>Caracterización morfológica de los aislados BAL</i>	50
<i>Caracterización bioquímica de aislados BAL</i>	51
<i>Caracterización probiótica de BAL en condiciones gastrointestinales</i>	51
<i>Prueba de tamizaje para evaluar la capacidad antimicrobiana</i>	52
<i>Aislamiento de la microbiota de los frutos</i>	53
<i>Cinética de crecimiento de BAL</i>	53
<i>Recuento de UFC de BAL</i>	54

<i>Obtención de solución libre de células para bioensayo de antagonismo</i>	54
<i>Bioensayos de inhibición entre BAL y la microbiota de los frutos</i>	55
<i>Preparación del recubrimiento bioprotector de los frutos</i>	55
Diseño experimental para evaluar la SLC frente a la microbiota de los frutos	56
<i>Factores del experimento</i>	56
<i>Tratamientos a comparar</i>	57
<i>Tipo de diseño experimental</i>	57
<i>Repeticiones</i>	58
Análisis estadístico	58
<i>Esquema de análisis estadístico</i>	58
Análisis funcional.....	59
Variable a medir	59
<i>Díámetro de inhibición de la sustancia bioprotectora</i>	59
Diseño experimental para evaluar la SLC en la conservación de los frutos.....	59
<i>Factor del experimento</i>	59
<i>Tratamientos a evaluar en frutos de banano</i>	60
<i>Tratamientos a evaluar en frutos de papaya</i>	60
<i>Tipo de diseño experimental</i>	61
<i>Repeticiones</i>	61
Análisis estadístico	61
<i>Esquema de análisis estadístico</i>	61
Análisis funcional.....	62
Variabes a medir.....	62
<i>Determinación de la pérdida de peso</i>	62
<i>Determinación de pH</i>	62
<i>Determinación de Sólidos solubles</i>	62
<i>Determinación de acidez titulable</i>	63
<i>Determinación de la vida útil</i>	64
<i>Determinación de la calidad microbiológica</i>	64
Capitulo IV.....	65
Resultados	65
Caracterización de la cuajada y aislamiento de BAL.....	65
Identificación de los aislados BAL	65
<i>Caracterización morfológica</i>	65

<i>Pruebas bioquímicas</i>	66
<i>Caracterización probiótica de BAL en condiciones gastrointestinales</i>	66
Tamizaje de aislados para evaluar la capacidad antimicrobiana	67
Cinética de crecimiento de BAL	68
Bioensayos de inhibición de la sustancia bioprotectora producida por BAL	70
Análisis de varianza del diámetro de Inhibición.....	70
Prueba de significancia LSD-Fisher del Factor A, Factor B e interacción A*B.....	71
Análisis de varianza.....	74
<i>Análisis de varianza para la variable pérdida de banano</i>	74
<i>Análisis de varianza para la variable pérdida de peso de papaya</i>	74
<i>Análisis de varianza para las variables fisicoquímicas de banano</i>	75
<i>Análisis de varianza para las variables fisicoquímicas de papaya</i>	80
<i>Análisis de varianza para la variable vida útil de banano</i>	86
<i>Análisis de varianza para la variable vida útil de papaya</i>	87
Pruebas de significancia LSD-Fisher	87
<i>Prueba LSD-Fisher para la pérdida de peso de banano</i>	87
<i>Prueba LSD-Fisher para la pérdida de papaya</i>	89
<i>Prueba LSD-Fisher para las variables fisicoquímicas de banano</i>	91
<i>Prueba LSD-Fisher para las variables fisicoquímicas de papaya</i>	96
<i>Prueba LSD-Fisher para la vida útil de banano</i>	101
<i>Prueba LSD-Fisher para la vida útil de papaya</i>	104
Análisis de la calidad microbiológica de los frutos.....	107
<i>Calidad microbiológica de banano</i>	107
<i>Calidad microbiológica de papaya</i>	108
Resultados de análisis de conglomerados en banano y papaya.....	109
Análisis de componentes principales en banano	110
Análisis de componentes principales en papaya.....	113
Capítulo V.....	116
Discusión	116
Microbiota de los frutos (Factor A)	116
Concentración de la sustancia bioprotectora (Factor B).....	116
Interacción A*B.....	117
Sustancia bioprotectora en banano y papaya	118
<i>Pérdida de peso</i>	118

<i>pH</i>	119
<i>Sólidos solubles</i>	120
<i>Acidez titulable</i>	121
<i>Vida útil</i>	122
<i>Calidad microbiológica</i>	123
Capitulo VI.....	125
Conclusiones y Recomendaciones	125
Conclusiones	125
<i>Microbiota de los frutos (Factor A)</i>	125
<i>Concentración de la sustancia bioprotectora (Factor B)</i>	125
<i>Interacción A*B</i>	125
<i>Sustancia bioprotectora en banano</i>	126
<i>Sustancia bioprotectora en papaya</i>	127
Recomendaciones.....	128
Capitulo VII.....	129
Bibliografía	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de BAL según su metabolismo de carbohidratos.....	28
Tabla 2.	Clasificación de BAL según su temperatura óptima de crecimiento.	28
Tabla 3.	Recursos empleados en la obtención de bacterias ácido lácticas.....	42
Tabla 4.	Recursos empleados en la caracterización morfológica de BAL	43
Tabla 5.	Recursos empleados en la prueba de catalasa.	43
Tabla 6.	Recursos empleados en la prueba de tolerancia al pH.....	44
Tabla 7.	Recursos empleados en la prueba de tolerancia a NaCl.....	44
Tabla 8.	Recursos empleados en la determinación de fermentación de azúcares.....	45
Tabla 9.	Recursos empleados en el recuento de UFC y D.O. de BAL.	45
Tabla 10.	Recursos empleados en la inhibición de BAL y microbiota de los frutos.....	46
Tabla 11.	Recursos empleados en la determinación de pH.....	47
Tabla 12.	Recursos empleados en la determinación de sólidos solubles.....	47
Tabla 13.	Recursos empleados en la determinación de acidez titulable.	48
Tabla 14.	Recursos empleados en la determinación del periodo de validez.	48
Tabla 15.	Recursos empleados en la determinación microbiológica.	49
Tabla 16.	Concentraciones de SLC para los bioensayos de antagonismo.....	54
Tabla 17.	Factores y Niveles a estudiar en la evaluación de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica para la conservación de: banano y papaya hawaiana	56
Tabla 18.	Tratamientos a comparar en la evaluación de BAL con capacidad probiótica para la conservación de banano y papaya hawaiana.....	57
Tabla 19.	Esquema del análisis de varianza para evaluar BAL con capacidad probiótica en la conservación de banano y papaya hawaiana	58
Tabla 20.	Tratamientos a comparar en la evaluación de la sustancia bioprotectora producida por BAL en la conservación de banano	60

Tabla 21. Tratamientos a comparar en la evaluación de la sustancia bioprotectora producida por BAL en la conservación de papaya.....	60
Tabla 22. Esquema del análisis de varianza para evaluar la sustancia bioprotectora producida por en la conservación de banano y papaya.....	61
Tabla 23. Características de la cuajada de la leche.....	65
Tabla 24. Análisis de varianza de Inhibición de BAL frente a microbiota de los frutos.	70
Tabla 25. Pruebas de significancia LSD-Fisher para el Factor A, Factor B e I(A*B). ...	71
Tabla 26. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso en banano al día 10. ...	74
Tabla 27. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso en papaya al día 10.....	74
Tabla 28. Análisis de varianza de la variable pH en banano al día 0.....	75
Tabla 29. Análisis de varianza de la variable pH en banano al día 5.....	75
Tabla 30. Análisis de varianza de la variable pH en banano al día 10.....	76
Tabla 31. Prueba de Levene para sólidos solubles en banano al día 0.....	76
Tabla 32. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en banano al día 0.....	77
Tabla 33. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en banano al día 5.....	77
Tabla 34. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en banano al día 10.....	78
Tabla 35. Análisis de varianza de la variable acidez titulable en banano al día 0.	78
Tabla 36. Análisis de varianza de la variable acidez titulable en banano al día 5.	79
Tabla 37. Análisis de varianza de la variable acidez titulable en banano al día 10.	80
Tabla 38. Prueba de Levene para pH en al día 0.	80
Tabla 39. Análisis de varianza de la variable pH en papaya al día 0.....	81
Tabla 40. Análisis de varianza de la variable pH en papaya al día 5.....	81
Tabla 41. Análisis de varianza de la variable pH en papaya al día 10.....	82
Tabla 42. Prueba de Levene para sólidos solubles en papaya al día 0.....	82
Tabla 43. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en papaya al día 0.	83
Tabla 44. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en papaya al día 5.	83

Tabla 45. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en papaya al día 10.	84
Tabla 46. Análisis de varianza de la variable acidez titulable en papaya al día 0.	84
Tabla 47. Análisis de varianza de la variable acidez titulable en papaya al día 5.	85
Tabla 48. Análisis de varianza de la variable acidez titulable en papaya al día 10.	85
Tabla 49. Análisis de varianza de la variable vida útil de banano.	86
Tabla 50. Análisis de varianza de la variable vida útil de papaya.	87
Tabla 51. Prueba de significancia LSD-Fisher para la pérdida de peso de banano.	87
Tabla 52. Prueba de significancia LSD-Fisher para la pérdida de peso de papaya.	89
Tabla 53. Prueba de significancia LSD-Fisher para pH, sólidos solubles y acidez titulable durante el almacenamiento de banano.	91
Tabla 54. Prueba de significancia LSD-Fisher para pH, sólidos solubles y acidez titulable durante el almacenamiento de papaya.	96
Tabla 55. Prueba de significancia LSD-Fisher para la vida útil de banano.	101
Tabla 56. Efecto del recubrimiento sobre la vida útil y maduración del banano.	102
Tabla 57. Prueba de significancia LSD-Fisher para la vida útil de papaya.	104
Tabla 58. Efecto del recubrimiento sobre la vida útil y maduración de la papaya.	105
Tabla 59. Análisis de la calidad microbiológica de banano.	107
Tabla 60. Análisis de la calidad microbiológica de papaya.	108
Tabla 61. Matriz de correlaciones de componentes principales en banano.	110
Tabla 62. Matriz de componentes en banano.	112
Tabla 63. Matriz de correlaciones de variables medidas en los frutos de papaya.	113
Tabla 64. Matriz de componentes en papaya.	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Maduración del fruto de banano según la escala de Von Loesecke.....	37
Figura 2.	Visualización interna y externa de papaya en la maduración.	39
Figura 3.	Ubicación geográfica del área de investigación.	41
Figura 4.	Divisiones en la placa petri para ensayo de actividad antagonista.	56
Figura 5.	Morfología de colonias aisladas de BAL en microscopio óptico 100x.....	66
Figura 6.	Evaluación probiótica de BAL en condiciones gastrointestinales	67
Figura 7.	Tamizaje de las BAL con actividad antimicrobiana.	68
Figura 8.	Cinética de crecimiento de BAL por recuento de UFC/ml.....	69
Figura 9.	Cinética de crecimiento de BAL mediante la medida de D.O	69
Figura 10.	Diámetro de inhibición de la SLC frente a la microbiota de los frutos.....	70
Figura 11.	Resultados de LSD-Fisher para el Factor A (Microbiota de los frutos).	72
Figura 12.	Resultados de LSD-Fisher para el Factor B (Concentración de SLC).	72
Figura 13.	Resultados de LSD-Fisher para la interacción A* B.....	73
Figura 14.	Resultados de LSD-Fisher para pérdida de peso de banano al día 10	88
Figura 15.	Pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de banano.....	88
Figura 16.	Resultados de LSD-Fisher para la pérdida de peso de papaya al día 10.....	89
Figura 17.	Pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de papaya.....	90
Figura 18.	Resultados de LSD-Fisher para pH de banano a los 0, 5 y 10 días	92
Figura 19.	Variación de pH durante el almacenamiento de banano	92
Figura 20.	Resultados de LSD-Fisher para sólidos solubles de banano al día 0, 5 y 10 días de almacenamiento	93
Figura 21.	Variación de sólidos solubles durante el almacenamiento de banano.....	94
Figura 22.	Resultados LSD-Fisher para acidez titulable de banano al día 0, 5 y 10.....	95
Figura 23.	Variación de acidez titulable durante el almacenamiento de banano	95
Figura 24.	Resultados de LSD-Fisher para pH de papaya a los 0, 5 y 10 días	97

Figura 25. Variación de pH durante el almacenamiento de papaya.....	97
Figura 26. Resultados de LSD-Fisher para sólidos solubles de papaya a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento	98
Figura 27. Variación de sólidos solubles durante el almacenamiento de papaya.....	99
Figura 28. Resultados de LSD-Fisher para acidez titulable de papaya a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento	100
Figura 29. Variación de acidez titulable durante el almacenamiento de papaya	100
Figura 30. Resultados de LSD-Fisher para la vida útil de banano	104
Figura 31. Resultados de LSD-Fisher para la vida útil de papaya	107
Figura 32. Dendrograma para los factores de estudio en banano y papaya.....	109
Figura 33. Sedimentación del análisis de componentes principales en banano	111
Figura 34. Gráfico del análisis de componentes principales en banano	112
Figura 35. Sedimentación del análisis de componentes principales en papaya	114
Figura 36. Gráfico del análisis de componentes principales en papaya	115

Resumen

En el presente estudio se evaluó la capacidad antimicrobiana de metabolitos producidos por bacterias ácido lácticas aisladas de la cuajada como un nuevo enfoque biotecnológico para la conservación de banano (*M. paradisiaca L.*) y papaya hawaiana (*Carica papaya L.*). La investigación fue realizada en los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Santo Domingo. El estudio se dividió en dos fases. En la primera fase, se realizó bioensayos en placa de la solución bioprotectora (SLC) frente a la microbiota de los frutos y se evaluó la zona de inhibición producida; en la segunda fase, se determinó la efectividad del recubrimiento de los frutos con SLC, mediante indicadores de la calidad: fisicoquímicos, microbiológicos, vida útil y pérdida de peso. Se planteó un Diseño con esquema factorial A*B (Microbiota de los frutos: banano y papaya; Concentración de SLC: 4×10^3 , 8×10^3 , 16×10^3 y 32×10^3 UA/mL) con 8 tratamientos y 4 repeticiones, conformando 32 unidades experimentales; y un Diseño Completamente al azar (DCA) compuesto por cuatro tratamientos: T1 (4×10^3 UA/mL de SLC), T2 (8×10^3 UA/mL de SLC), T3 (16×10^3 UA/mL de SLC) y T4 (Control sin SLC) y 3 repeticiones, conformando 12 unidades experimentales. El DCA se aplicó a cada fruto. Los frutos tratados con 4×10^3 UA/mL de SLC con respecto a los frutos control, presentaron una reducción de su actividad metabólica, induciendo a un retardo en su maduración y deterioro. La SLC obtenida a partir de BAL permitió extender la vida útil de banano hasta los 14 ± 0.577 días y en papaya hasta los 12.33 ± 0.577 .

Palabras clave:

- **RECUBRIMIENTO COMESTIBLE**
- **POSCOSECHA**
- **FRUTOS CLIMATÉRICOS**
- **CONSERVACIÓN DE FRUTOS**
- **EFFECTO ANTIMICROBIANO**

ABSTRACT

In the present study, the antimicrobial capacity of metabolites produced by lactic acid bacteria isolated from curd was evaluated as a new biotechnological approach for the conservation of banana (*M. paradisiaca L.*) and Hawaiian papaya (*Carica papaya L.*). The research was carried out in the laboratories of the University of the Armed Forces ESPE, Santo Domingo headquarters. The study was divided into two phases. In the first phase, plate bioassays of the bioprotective solution (SLC) were carried out against the microbiota of the fruits and the zone of inhibition produced was evaluated; In the second phase, the effectiveness of the coating of fruits with SLC was determined, by means of quality indicators: physicochemical, microbiological, shelf life and weight loss. A Design with factorial scheme A * B was proposed (Microbiota of fruits: banana and papaya; SLC concentration: 4×10^3 , 8×10^3 , 16×10^3 y 32×10^3 UA/mL), 8 treatments and 4 repetitions, making up 32 experimental units; and a Completely Randomized Design (DCA) composed of four treatments: T1 (4×10^3 UA/mL SLC), T2 (8×10^3 UA/mL SLC), T3 (16×10^3 UA/mL SLC) y T4 (Control without SLC) and 3 repetitions, making up 12 experimental units. The DCA was applied to each fruit. The fruits treated with 4×10^3 UA/mL SLC respect to the control fruits, showed a reduction in the metabolic activity, inducing a delay in their maturation and deterioration. The SLC obtained from BAL allowed to extend the shelf life of banana up to 14 ± 0.577 days and in papaya up to 12.33 ± 0.577 .

Key words:

- **EDIBLE COATING**
- **POST HARVEST**
- **CLIMATE FRUITS**
- **FRUIT PRESERVATION**
- **ANTIMICROBIAL EFFECT**

CAPÍTULO I

Introducción

La producción de frutas en Ecuador presenta una gran importancia económica, su incidencia en la historia como un país agroexportador de variedad de frutas con altos valores nutricionales como orito, pitahaya, mango, piña, guanábana, tomate de árbol, papaya, entre los cuales destaca la exportación de banano, induce a un incremento competitivo tanto en mercados locales como internacionales. El abordar este sector frutícola como desarrollo sostenible del país y su alta demanda de consumo, exige cumplir con parámetros de calidad que garanticen, la seguridad y calidad del fruto comestible (Arreaga, 2017).

Los frutos climatéricos como el banano y la papaya pueden generar pérdidas considerables en el sector agrícola debido a que la calidad puede verse afectada por deficiencias en el manejo del fruto, la falta de capacitación técnica hacia el agricultor, tipo de cultivar, condiciones de cosecha, transporte, entrega al comerciante y métodos de conservación (Tello, 2014), entre otras causas se encuentra las características del cultivar, periodo de almacenamiento corto, maduración, deshidratación, temperatura, humedad relativa, susceptibilidad a diversas enfermedades (Torres et al., 2013).

En la actualidad, en la industria alimentaria se implementa métodos capaces de prolongar la conservación de estos de los productos, los métodos principalmente empleados son térmicos y conservantes químicos, estas técnicas pueden intervenir en las características sensoriales del fruto y tienen menor aceptación por los efectos adversos que causan en el entorno y en la salud humana. El uso de recubrimientos comestibles es un nuevo método de conservación en frutos y vegetales, que está

presentando mayor aceptación por parte del consumidor, debido a que se ha observado un incremento de intereses de productos frescos mínimamente procesados.

Uno de los desafíos es la implementación de nuevos recubrimientos con capacidades antimicrobianas que garanticen una alta calidad del fruto durante su almacenamiento. Las bacterias ácido lácticas productoras de sustancias con efectos antimicrobianos capaces de evitar el deterioro de alimentos, surgen como alternativa ante los desafíos actuales. De Simone et al. (2021) sugiere a las BAL como conservantes naturales, debido a que sus propiedades antimicrobianas, resultan de la síntesis de compuestos bioactivos como ácido láctico, peróxido de hidrógeno, bacteriocinas, diacetilo, sustancias con capacidad inhibitorias, entre otros.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica, como agente antagónico frente a microorganismos procedentes de la flora bacteriana de banano (*M. paradisiaca L.*) y papaya hawaiana (*Carica papaya L.*), para su posible aplicación en la conservación de frutas.

Objetivos específicos

- Obtener bacterias ácido lácticas productoras de sustancias antimicrobianas mediante cultivo para su aplicación en distintas concentraciones como un inhibidor de agentes patógenos procedentes de banano y papaya hawaiana.
- Evaluar la capacidad inhibitoria de la sustancia bioprotectora producida por bacterias ácido lácticas frente a la flora bacteriana de banano y papaya hawaiana.
- Evaluar la concentración adecuada de la sustancia bioprotectora para la inhibición del crecimiento de agentes patógenos aislados de banano y papaya hawaiana.
- Estudiar el efecto de distintas concentraciones de la sustancia bioprotectora producida por bacterias ácido lácticas en la conservación de banano y papaya.

Hipótesis

Hipótesis Nula

Ho: La flora bacteriana patógena de banano y papaya no influyen en la capacidad inhibitoria de las bacterias ácido lácticas.

Ho: La concentración de la sustancia bioprotectora no influye en la inhibición de la flora bacteriana de las frutas.

Ho: El efecto de la sustancia bioprotectora a diferentes concentraciones no influye en la conservación de banano

Ho: El efecto de la sustancia bioprotectora a diferentes concentraciones no influye en la conservación de papaya hawaiana.

Hipótesis Alternativa

Ha: La flora bacteriana patógena de banano y papaya influyen en la capacidad inhibitoria de las bacterias ácido lácticas.

Ha: La concentración de la sustancia bioprotectora influye en la inhibición de la flora bacteriana de las frutas.

Ha: El efecto de la sustancia bioprotectora a diferentes concentraciones influye en la conservación del banano.

Ha: El efecto de la sustancia bioprotectora a diferentes concentraciones influye en la conservación de papaya hawaiana.

CAPÍTULO II

Revisión de Literatura

Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son un grupo de microorganismos representativos que poseen la capacidad de efectuar transformaciones en los alimentos por medio de la fermentación; entre otras facultades, producen una serie de metabolitos importantes como el ácido láctico y un péptido de cadena corta con propiedades antibióticas denominado como bacteriocina. Las BAL han estado presentes desde hace miles de años en los procesos fermentativos, se encuentran en algunos productos alimenticios de leche fermentada como el yogurt, en quesos frescos y maduros, en carnes e inclusive en algunas hortalizas (Agurto Sáenz & Ramos Gorbeña, 2008, 55).

Las BAL generalmente son grampositivas, con morfología de cocos y/o bacilos, son catalasa negativa, generan su propio ATP a partir de la fermentación láctica de los glúcidos, de acuerdo a su metabolismo se clasifican en homofermentativas que producen exclusivamente ácido láctico y heterofermentativas, que además pueden producir etanol, CO₂ y acetato (Agurto Sáenz & Ramos Gorbeña, 2008, 55).

Clasificación de las bacterias ácido lácticas

Homofermentativas. Las bacterias pertenecientes a este grupo son *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* y *Pediococcus*. Se caracterizan por la carencia de la enzima fosfoacetolasa y por la presencia de hexosa isomerasa y aldosa, el producto fermentativo que sintetizan estas bacterias es el ácido láctico, sin la liberación de CO₂. La conversión a ácido láctico (2 moles) por cada mol de glucosa se realiza por la vía embden meyerhof, obteniendo un rendimiento del ácido mayor al 85% a partir de este azúcar, lo cual representa el doble de energía que las bacterias del grupo heterofermentativo (Parra, 2010).

En este grupo se encuentra *Lactobacillus plantarum*, empleado en productos cárnicos, lácteos ácidos y fermentos vegetales. Los lactobacillus se encuentran en forma de bastones o bacilos en cadenas largas, cortas, separados, son acidófilos, termófilos y de gran actividad energética. Los *Streptococcus* son morfológicamente esféricos, agrupados en cadena, de actividad caseolítica baja (Parra, 2010).

Heterofermentativas. El ácido láctico producido por las bacterias de este grupo, representan el 50%. Son capaces de convertir a ATP (1mol) por cada mol de glucosa, a partir de 1 mol de glucosa producen etanol (1mol), CO₂ (1mol) y ácido láctico(1mol). Las bacterias de este grupo pertenecen al género de *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*. Emplean la ruta de las pentosas por lo cual carecen de las enzimas hexosa isomerasa, aldosa y presentan la fosfocetolasa.

Aquellas bacterias que fermentan azúcares solo por la vía fosfocetolasa son heterolácticas forzadas, además de producir ácido láctico generan cantidades considerables de CO₂ y ácido acético y etanol; al emplear la vía Leloir llegan a metabolizar d-galactosa (Parra, 2010).

Tabla 1.

Clasificación de BAL según su metabolismo de carbohidratos.

Bacterias ácido lácticas según su fermentación	
Heteroláctica	Homoláctica
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
<i>L. ramosus,</i>	<i>L. helveticus</i>
<i>L. coryneformis</i>	<i>L. delbrueckii subsp delbrueckii</i>
<i>L. curvatus</i>	<i>L. delbrueckii subsp lactis</i>
<i>L. casei</i>	<i>L. delbrueckii subsp bulgaricus</i>
<i>L. paracasei</i>	<i>L. lactis</i>
<i>L. brevis</i>	<i>L. thermophilus</i>
<i>L. buchneri</i>	
<i>L. fermentus</i>	
<i>L. kéfir</i>	
<i>L. reuteri</i>	
<i>L. leuconostc</i>	

Nota: Recuperado de (Parra, 2010).

Tabla 2.

Clasificación de BAL según su temperatura óptima de crecimiento.

Bacterias ácido lácticas mesófilas o termófilas	
Mesófilas	Termófilas
Incubación: 20-25°C	Incubación: 40-45°C
Vol. cultivo: 1-2 %	Vol. cultivo: 2-3 %
T. Incubación: 18-20 h	T. Incubación: 2-4 h
Acidez 0.8% ácido láctico	Acidez 0.9% ácido láctico
<i>Lactococcus lactis subs lactis</i>	<i>Streptococcus salivarius subsp thermophiñus</i>
<i>Lactococcus lactis subs cremoris</i>	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus</i>
<i>Leuconostoc mesenteroides subs cremoris</i>	<i>L. plantarum</i>
	<i>L. lactis</i>
	<i>L. helveticus</i>
	<i>L. acidophilus</i>
	<i>L. casei</i>

Nota: Recuperado de (Parra, 2010).

Efecto probiótico de BAL

Las bacterias ácido lácticas son consideradas inocuas para la salud humana, su capacidad probiótica es aplicada con fines nutricionales en la industria de alimentos, para lo cual debe estar sujeto a varios requisitos que evalúen su efecto probiótico: caracterización in vivo, determinación genotípica y fenotípica, degradación de proteínas e hidratos de carbono mediante caracterización in vitro; resistencia a acidez, bilis, lisozima y capacidad de adherirse a las células epiteliales del intestino (María & Ruiz, 2019).

Metabolitos con efectos inhibitorios producidos por BAL

Ácido láctico. Es el principal compuesto del metabolismo de carbohidratos por bacterias lácticas, ocurre en dos tipos de fermentación: homofermentativa y heterofermentativa. Es el primer y funcional ácido orgánico producido por su capacidad de preservación en alimentos comestibles.

El ácido láctico ha demostrado efectos bacteriostáticos en condiciones de pH de 4.5. Este metabolito prolonga la generación bacteriana en *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Saccharomyces spp* y *Proteus spp*. El ácido láctico inhibe el crecimiento fúngico a altas concentraciones (Guimarães et al., 2018).

Ácido acético. Es el compuesto resultante de la fermentación de pentosas. Las pentosas se metabolizan por la vía 6-fosfogluconato, esta fermentación no requiere del paso de deshidrogenación y no se produce CO₂. A la vez el acetil-fosfato se fosforila por la acción de la acetatoquinasa, produciendo ATP y ácido acético en lugar de etanol (CABO et al., 2002).

El ácido acético tiene acción inhibitoria contra bacterias, hongos y levaduras. Se ha reportado, efecto contra *Saccharomyces spp*, *Clostridium spp.*, *L. monocytogenes*,

Salmonella spp, *Aspergillus*, *Pseudomonas aureoginosa*, *Penicillium* (CABO et al., 2002).

Peróxido de hidrógeno. Las BAL producen H_2O_2 como mecanismo de eliminación del oxígeno. El peróxido de hidrógeno se produce con la oxidación de la coenzima NADH por el O_2 , reacción realizada por hidrogenasas y NADH oxidasas (Parra, 2016).

Los efectos antimicrobianos del H_2O_2 suponen una serie de eventos biológicos, que conducen a la muerte e inhibición del crecimiento de las células bacterianas. El peróxido de hidrógeno tiene actividad bactericida en bacterias gram positivas y negativas; además, se ha reportado espectros de actividad antifúngica dependiente de la cepa de BAL (Delavenne et al., 2013).

Diacetilo. Es un metabolito que confiere características sensoriales a los productos fermentados, producido BAL fermentadoras de citrato. La actividad antimicrobiana es mayor frente a bacterias gram negativas que en gram positivas; además, para el efecto inhibitorio en levaduras y mohos se requiere altas concentraciones ($>500 \mu\text{g/ml}$), en concentraciones menores presenta un efecto bacteriostático ($>250 \mu\text{g/ml}$) (Langa et al., 2014).

Ácidos grasos. Las BAL con actividad lipolítica, bajo ciertas condiciones de cultivo, pueden producir una representativa cantidad de ácidos grasos. Estos productos presentan funciones protectoras puesto que son componentes fundamentales en la estructura de la membrana celular; se ha reportado la actividad antimicrobiana en concentraciones más altas y efectos inhibitorios de la colonización bacteriana a dosis bajas (Kumar et al., 2020). Adicionalmente, los derivados de los ácidos grasos tienen mayor efecto contra bacterias Gram positivas que contra Gram negativas. El efecto antimicrobiano depende de la cepa bacteriana, la concentración y pH del medio, así

como también la naturaleza del enlace del ácido graso tiene efecto significativo sobre la acción y eficacia (Nobmann et al., 2009).

Bacteriocinas. Son metabolitos primarios de estructura proteica, con acción bacteriostática y bactericida. Las BAL emplean la bacteriocina como mecanismo de defensa contra otros microorganismos. Las BAL producen bacteriocina de bajo peso molecular, dicha sustancia puede emplearse como conservante natural y seguro en varios alimentos, entre ellos frutas, sin cambiar las características organolépticas; además el uso de bacteriocinas no afecta en la aceptación por parte del consumidor (Agriopoulou et al., 2020).

La bacteriocina ideal debe presentar actividad a concentraciones bajas, un amplio espectro de actividad contra microorganismos, no dañar los productos y bajos costos de producción (O'Connor et al., 2015).

Sustancias antimicrobianas. Son varias las sustancias antimicrobianas producidas por BAL capaces de inhibir microorganismos patógenos de gran relevancia. Según Parra (2016), algunas BAL tienen un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de Hongos, se ha identificado la acción de *L. plantarum* sobre *Fusarium spp.* En cultivos mixtos se evidencia que el primordial mecanismo inhibitorio láctico de BAL se debe a la degradación de carbohidratos, inducidos a pH 4 (María & Ruiz, 2019).

Aislamiento de BAL

Microbiología de productos lácteos

La leche cruda a condiciones ambientales se agria de forma espontánea por el crecimiento de BAL (Wouters et al., 2002). La microbiota de la leche se constituye de algunos géneros de BAL: *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* y *Leuconostoc*; bacterias gram positivas como *Bacillus*. Así como también bacterias que causan daño a la leche tales como *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Bacillus*; bacterias que

causan enfermedades como *Listeria*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter* (Quigley et al., 2013).

Cuajada

Se denomina cuajada a la gelatina que se obtiene de la coagulación de las proteínas de la leche como resultado de la adición de un agente coagulante, ya sea de origen químico (ácidos) o biológico (enzimas y cultivos bacteriobalanos) (CANILEC, 2011).

Las BAL aisladas de la cuajada casera presentan propiedades con alto potencial probiótico, aunque entre diferentes especies de BAL no ha presentado un resultado consistente en cuanto a la capacidad de inhibir el crecimiento de *Salmonella Typhimurium*, *Vibrio cholerae O139* y *Escherichia coli* (Balamurugan et al., 2014).

Conservación de frutos en la industria alimentaria

Métodos físicos

En la conservación de frutos, los métodos físicos mayormente empleados son tratamientos térmicos. El tratamiento térmico por alta temperatura consiste en un proceso de esterilización que emplea calor húmedo en tiempos controlados, el contenedor final del alimento se somete a 121°C por 15 min (Linares-Morales et al., 2018), en un tiempo 2,8 min a 121°C, se logra la eliminación de esporas de bacterias termorresistentes como *Clostridium botulinum*, garantizando la inocuidad del producto alimentario (Arias, 2016). Otros métodos como el escaldado que incluyen temperaturas que varían de entre 69 a 72 °C hasta 5 min son consideradas sistemas de pretratamiento y el método por cocción hasta alcanzar ebullición, no es comúnmente usados en frutas y vegetales. Según Linares-Morales et al., 2018, el uso de estos

métodos, evidencia resistencia térmica de la microbiota patógena y la pérdida de características sensoriales.

Método térmico a baja temperatura. Existen tres formas de congelación: uso de refrigerante por contacto indirecto, congelación en aire y mediante el uso de refrigerante por inmersión directa. La conservación por congelación además de reducir el crecimiento microbiano, disminuye las reacciones químicas del mismo, sin embargo, el producto final tras un proceso de descongelación causa un gran daño a la estructura del tejido vegetal y genera una pérdida de los nutrientes (Barrett & Lloyd, 2011).

Métodos químicos

Durante el periodo de poscosecha de los frutos se implementan compuestos químicos como conservantes alimentarios. Entre los conservantes químicos se encuentra el agua clorada, etanol, quitosano y el aceite mineral, siendo el cloro uno de las principales formas de eliminación microbiológica en frutos y vegetales (Linares-Morales et al., 2018). Otros conservantes como ácido benzoico que retarda el crecimiento de microorganismos, ácido sórbico usado en productos con pH 4.5-6.5 y sulfitos empleados en frutos con pH <4.5 (Arias, 2016), son eficientes en la reducción de microorganismo causantes del deterioro de alimentos, sin embargo, una limitación de su uso en el almacenamiento del producto, es el olor y amargor desagradable que le confiere al alimento (Sabir et al., 2011).

Métodos no convencionales

En estos métodos interviene tecnología avanzada, pueden ser o no ser de aplicación industrial. El tratamiento por alta presión hidrostática, comprime el alimento dentro de su contenedor mediante la utilización de presión, requiere de un leve aumento de temperatura (Arias, 2016); a presión entre 3000-8000 bar, su mecanismo protector consiste en romper las membranas de los microorganismos e inactivar enzimas. Sin

embargo, este método no conviene ser utilizado en alimentos con porosidad fresca, debido a que afecta al oxígeno localizado en la cobertura del alimento (Linares-Morales et al., 2018); generando un rápido deterioro visual u oscurecimiento de algunas clases de frutas.

Los métodos eléctricos óhmicos y de microondas, generan una ruptura celular de la microbiota patógena, mediante calentamiento específico a vapor, distribuido de manera uniforme por conducción hacia áreas localizadas (Barrett & Lloyd, 2011).

El tratamiento por radiación ultravioleta, es fácil de realizar, muy eficiente contra una gran variedad de microorganismos, usada en diversos alimentos del sector industrial, principalmente es usado para tratar el agua, productos líquidos y sólidos (Arias, 2016). Según Linares-Morales et al., 2018, a pesar de la alta capacidad bactericida que ofrece, esta se ve limitada por el equipo empleado que afecta a las propiedades del fruto y en productos líquidos, puede la luz UV ser bloqueada por la turbidez del producto generando una protección a microorganismos causantes del deterioro del alimento.

Métodos naturales

Los aceites esenciales son sustancias volátiles y aromáticas, catalogados como conservantes naturales sintetizados por las plantas capaces de evitar el deterioro de productos y de controlar la oxidación lipídica. Se ha identificado que varias especies vegetales que pertenecen a géneros como *Cytrus*, *Salvia*, *Thimus*, *Mentha*, *Abies*, *Pinus*, *Mentha*, *Lavandu*, *Rosmarinus*, etc., poseen propiedades antifúngicas (Sánchez-González et al., 2008). Los aceites esenciales están compuestos por una mezcla compleja de bioactivos como compuestos aromáticos y alifáticos, cetonas, ésteres ácidos fenólicos, terpenos y aldehídos (Linares-Morales et al., 2018).

Los recubrimientos comestibles tienen una gran capacidad de adherencia en superficies hidrofílicas, se utilizan como sustitutos de resinas y ceras naturales que han sido eliminadas en el proceso de lavado de los frutos, estos recubrimientos pueden ser hidrocoloides, compuestos o lípidos (Sánchez-González et al., 2008). Las barreras lipídicas como recubrimiento mejoran la apariencia visual de los alimentos y brinda protección contra la humedad, su uso en conjunto con aditivos aumenta su conservación, además mejoras la calidad y funcionalidad de los frutos. Según Corbo et al., 2015, una de las desventajas que pueden presentar es la poca resistencia al vapor, debido a que las proteínas pueden ser susceptibles a enzimas proteolíticas.

Generalidades de los frutos

Banano

El banano (*Musa paradisiaca*) es un fruto climatérico tropical; además, tiene forma alargada y ligeramente curvada, con peso aproximado de 100-200g. La cascara es gruesa de color amarillo en su estado maduro, y la pulpa es blanca amarillenta. El banano es un alimento más importante en el mundo tanto por su sabor como por su valor nutritivo, entre las características nutricionales principales se resalta el alto contenido de potasio, vitaminas C y B6, fibras y carbohidratos (Hernández & Vit, 2009). Por otro lado, la calidad sensorial del fruto depende de varias reacciones bioquímicas al interior del fruto a lo largo de la maduración generando cambios en el color, aroma, textura, cantidad de azúcar y acidez (Quiceno et al., 2014).

En Ecuador, las zonas de producción de banano están en la región litoral del país, esto se debe a que mantienen un clima ideal para su cultivo. Las asociaciones bananeras producen y exportan diferentes variedades de este fruto: Banano de Bebé (CJ), Banano orgánico, Banano Tipo Cavendish Valery (Ministerio de Comercio Exterior, 2017). En términos de economía para el 2020, el volumen de exportación de banano fue de

3'947.002 Tm y el banano orgánico de Ecuador constituyó la tercera parte (504 047 Tm) de la exportación de Latinoamérica, equivalente al 18% del total de exportaciones (Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador [AEBE], 2021).

En el manejo postcosecha de los frutos se producen pérdidas que van desde el 10 al 80%, ocasionadas por daños mecánicos, presencia de plagas, maduración temprana, deformaciones y la manipulación en general. La principal causa de deterioro de las frutas de banano es por la contaminación con microorganismos, entre ellos un conjunto de hongos, principalmente *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium*, ocasionando la pudrición de la corona "Crown rot" en el péndulo de la fruta, la enfermedad se caracteriza por el ablandamiento de la superficie de los tejidos y en la corona adquiere un color marrón oscuro o negro que puede esparcirse al resto del fruto (Cartaya Díaz et al., 2011).

Fisiología de banano en la poscosecha. Uno de los criterios importantes de poscosecha y consumo del fruto de banano es el grado de madurez. Tras la cosecha, la madurez de los frutos tiene una gran influencia en los prolongados periodos de almacenamiento y la calidad del fruto adecuado para consumo. Es necesario identificar claves de maduración con el fin de asegurar una óptima calidad del fruto para su consumo. Los frutos que son cosechados en un grado de maduración avanzado no son adecuados para exportación debido a su corta duración de almacenamiento y al tiempo prolongado que requiere su transporte (Cachay, 2017).

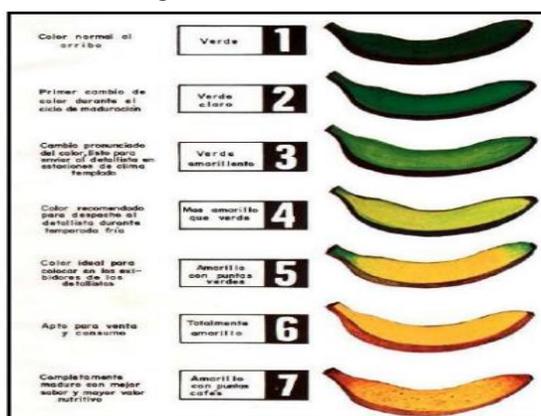
Cachay, 2017; detalla las características de la maduración del banano siguiendo la escala de Von Loesecke:

- Grado 1: dedo duro y verde por completo.
- Grado 2: verde claro.
- Grado 3: verde de color amarillento. En verano, entrega de madurez de entrega al detallista.

- Grado 4: más amarillento que de color verde. En invierno, entrega de madurez de entrega al detallista.
- Grado 5: Amarillento con puntas verdes. Madurez óptima colocada en los estantes de los comerciantes.
- Grado 6. Completamente amarillo. Madurez de venta, Ideal para consumo.
- Grado 7. Amarillo y con manchas o puntos café. Maduración completa, con elevado valor y sabor nutritivo.

Figura 1.

Maduración del fruto de banana según la escala de Von Loesecke.



Nota: Recuperado de (Soto, 2017).

Papaya

La papaya (*Carica papaya L.*) es originaria de Mesoamérica, al ser una especie pantropical se ha distribuido en todas las regiones tropicales y subtropicales de América (Conabio, 2003). En Ecuador, la producción se focaliza en las provincias de Santo Domingo, Los Ríos, Guayas, Manabí y Santa Elena. La superficie de cultivo es de alrededor de 3 917 hectáreas. Las variedades cultivadas son tres: tainung 1, hawaiana y maradol o nacional (El Comercio, 2012).

El fruto de papaya generalmente tiene color anaranjado y sabor dulce. En los últimos años, el interés en este fruto ha crecido debido a las propiedades nutritivas y

múltiples usos gastronómicos que se atribuyen. Entre los principales nutrientes que posee se encuentran vitaminas A y C, niacina, calcio, potasio, sodio, fósforo y hierro (Conabio, 2003).

La papaya requiere de una temperatura de 7-13°C y humedad de 90-95% para una conservación óptima, dependiendo del grado de madurez. Durante el almacenamiento puede ocurrir alteraciones fisiológicas, determinadas por el exceso de frío o calor, dando lugar a la contaminación del fruto con ciertos microorganismos. El hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, es el agente causal de la antracnosis la cual genera pérdida del fruto. Esta infección puede iniciar desde que el fruto, está en la planta, manteniéndose latente hasta la cosecha; en la fruta madura, se pueden observar pequeñas manchas color claro, conforme avanza la enfermedad las manchas se agrandan, se hunden y toma la apariencia húmeda (Maeda & Nelson, 2014).

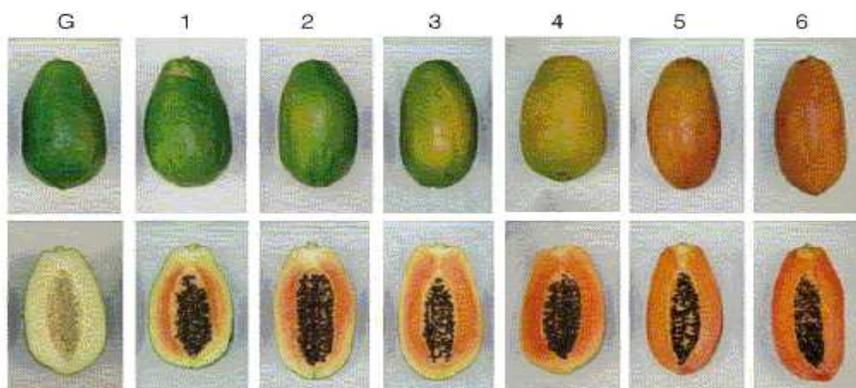
Fisiología de papaya en la poscosecha. El periodo inicial de la senescencia del fruto es su maduración, esta etapa conduce a un fruto de calidad, con características sensoriales aceptables por el consumidor, es reconocible por los cambios visibles que se producen, como el ablandamiento, textura, color, aroma y sabor del fruto, inducidos principalmente por la liberación de etileno, debido a que la papaya pertenece al grupo de frutos climatéricos. La maduración puede estar influenciada por procesos metabólicos, cambios físicos y genéticos, factores como disminución del tiempo de crecimiento y menor concentración de inhibidores en el proceso de maduración (Roman, 2017). Santamaría Basulto et al, 2009; informa las características de la papaya según su grado de maduración:

- Fruta verde: Piel verde sin raya amarilla; pulpa muy dura y de color blanco, semillas bien formadas, pero de color blanco o ligeramente oscuro.
- Grado 1: Piel verde con una franja de color amarillo claro; La pulpa presenta algunas zonas de color naranja, es muy dura y contiene gran cantidad de látex.

- Grado 2: Piel verde con franja amarilla bien definida; la pulpa es de color naranja cerca de la cavidad de la semilla y verde claro cerca de la piel, aunque todavía dura y con grandes cantidades de látex.
- Grado 3: Una o más rayas de color naranja en la piel; pulpa casi completamente de color naranja, excepto cerca de la piel, todavía dura, pero contiene menos látex.
- Grado 4: Piel de color naranja claro con algunas áreas de color verde claro; pulpa completamente naranja, excepto cerca del pedúnculo, más blanda que en la etapa 3, pero todavía demasiado dura para el consumo, bajo contenido de látex.
- Grado 5: La piel muestra el color anaranjado característico de la variedad Maradol; Firmeza de la pulpa apropiada para el consumo, el látex ya no está presente.
- Grado 6: Condiciones similares a la etapa 5, pero con un color naranja más intenso en la piel y una pulpa más suave aún adecuada para el consumo.

Figura 2.

Visualización interna y externa de papaya en la maduración.



Nota: Recuperado de (Santamaría Basulto et al., 2009).

CAPÍTULO III

Materiales y métodos

Ubicación del Área de Investigación

Ubicación Política

País:	Ecuador
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo
Parroquia:	Luz de América
Sector:	Vía Quevedo, Km 24

Ubicación Ecológica

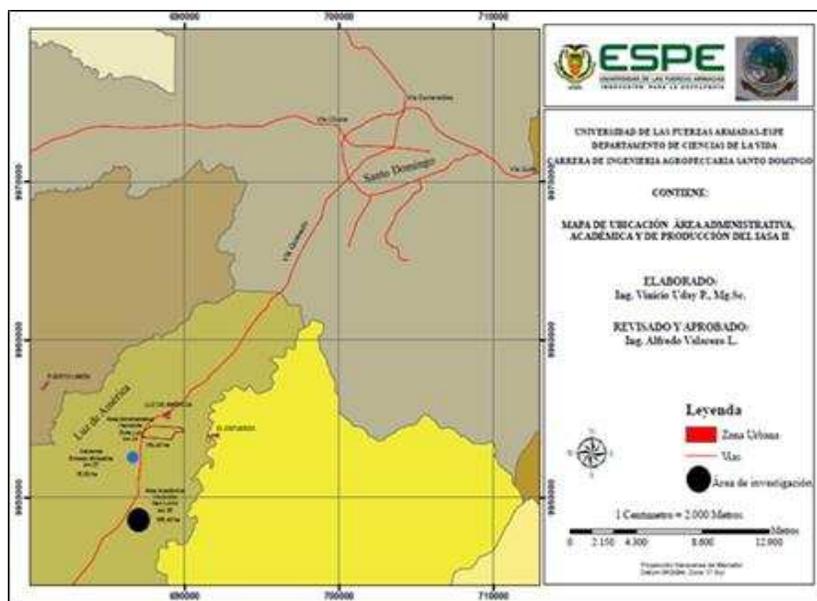
Zona de vida:	Bosque húmedo tropical
Altitud:	224 msnm
Temperatura media:	24.6 °C
Precipitación:	2860 mm año-1
Humedad relativa:	85%
Heliofanía:	680 horas luz año-1
Suelos:	Francos Arenoso
Fuente:	Estación Agro meteorológica "Puerto Ila"; Km 34, Vía Quevedo

Ubicación Geográfica

El presente estudio se realizó en los laboratorios de Microbiología de alimentos y Bromatología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Santo Domingo, en el km 24 de la Vía Santo Domingo-Quevedo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo.

Figura 3.

Ubicación geográfica del área de investigación.



Latitud: 00° 24' 36"

Longitud: 79° 18' 43"

Altitud: 270 msnm

Materiales

Obtención de bacterias ácido lácticas

Tabla 3.

Recursos empleados en la obtención de bacterias ácido lácticas.

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Frascos estériles	NaCl 8.5g/L	Cuajada
Refrigeradora	Espátula-cuchara	Peptona 1 g/L	
Micropipeta	Vidrio reloj	Medio Agar MRS	
Plancha de calentamiento	Vaso de precipitados	Agua destilada	
Agitador magnético	Tubos de ensayo		
Cámara de Flujo laminar	Lámpara de alcohol Fósforos		
Incubadora	Placas de Petri Tubos de ensayo Puntas para micropipeta Asa de vidrio Drigalsky Placas petri Parafilm		

Caracterización morfológica de los aislados BAL

Tabla 4.

Recursos empleados en la caracterización morfológica de BAL

Equipos	Materiales	Reactivos
Cámara de Flujo laminar	Portaobjeto de vidrio	Cristal violeta
Microscopio óptico	Cubreobjeto de vidrio	Lugol
	Gotero	Alcohol cetona
	Vaso de precipitado	Safranina
	Lámpara de alcohol	Agua destilada
	Asa bacteriológica	Alcohol

Prueba de catalasa

Tabla 5.

Recursos empleados en la prueba de catalasa.

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestra
Cámara de Flujo laminar	Portaobjeto de vidrio	Peróxido de hidrógeno (3% p/v)	Placa con cultivo bacteriano aislado
Autoclave	Gotero	Alcohol 70%	
	Lámpara de alcohol		
	Asa bacteriológica		
	Papel craft		

Prueba de tolerancia al pH**Tabla 6.***Recursos empleados en la prueba de tolerancia al pH.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestra
Cámara de Flujo laminar	Tubos de ensayo	HCl 10 N	Placa con cultivo bacteriano aislado
Incubadora	Vasos de precipitados	NaOH 1N	
Potenciómetro	Lámpara de alcohol	Caldo MRS	
Balanza analítica	Asa bacteriológica	Alcohol 70%	
Autoclave	Pipeta graduada		

Prueba de tolerancia a NaCl**Tabla 7.***Recursos empleados en la prueba de tolerancia a NaCl.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestra
Cámara de Flujo laminar	Tubos de ensayo	NaCl al 2, 4, 6 y 8%	Placa con cultivo bacteriano aislado
Incubadora	Vaso de precipitado	Agua destilada	
Balanza analítica	Lámpara de alcohol	Caldo MRS	
Autoclave	Asa bacteriológica	Alcohol 70%	
	Pipeta graduada		
	Espátula-cuchara		

Determinación de la fermentación de azúcares

Tabla 8.

Recursos empleados en la determinación de fermentación de azúcares.

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestra
Cámara de Flujo laminar	Tubos de ensayo	Glucosa 1%	Placa con cultivo bacteriano aislado
Incubadora	Vaso precipitado	Fructosa 1%	
Balanza analítica	Lámpara de alcohol	Sacarosa 1%	
Autoclave	Asa bacteriológica	Lactosa 1%	
	Pipeta graduada	Rojo fenol 0.1%	
	Espátula-cuchara	Caldo MRS	
	Vidrio reloj	Agua destilada	
	Marcadores	Alcohol 70%	

Recuento de UFC y densidad óptica de BAL

Tabla 9.

Recursos empleados en el recuento de UFC y D.O. de BAL.

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestra
Micropipeta	Lámpara de alcohol	Caldo MRS	Cultivo de BAL
Espectrofotómetro	Tubos de ensayo	Agua destilada	
Contador de colonias	Puntas para micropipeta	Peptona 0.5%	
		Láminas Petrifilm	

Determinación de inhibición entre BAL y microbiota de los frutos

Tabla 10.

Recursos empleados en la inhibición de BAL y microbiota de los frutos.

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestra
Cámara de Flujo laminar	Placas de Petri estériles	Agar	Solución libre de células (SLC) a partir de aislados BAL Cultivo líquido con la microbiota de los frutos
Incubadora	Discos de papel filtro 5.5 mm	Mueller-Hinton	
Micropipeta	Hisopos estériles	Caldo MRS	
	Fósforos		
	Marcadores		
	Lámpara de alcohol		
	Asa bacteriológica		
	Puntas para micropipeta		
	Pinzas de disección		
	Papel film		
	Papel craft		
	Papel aluminio		

Determinación de pH**Tabla 11.***Recursos empleados en la determinación de pH.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Espátula-cuchara	Agua destilada	Banano
Potenciómetro	Vidrio reloj		Papaya
Plancha de agitación	Vaso de precipitado Probeta 100 mL Mortero y pistilo		

Determinación de sólidos solubles**Tabla 12.***Recursos empleados en la determinación de sólidos solubles.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Espátula-cuchara	Agua destilada	Banano
Refractómetro digital	Vidrio reloj Vaso de precipitado		Papaya
Plancha de calentamiento con agitador	Probeta 100 mL Matraz erlenmeyer Embudo Gasas estériles		

Determinación de acidez titulable**Tabla 13.***Recursos empleados en la determinación de acidez titulable.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Espátula-cuchara	Agua destilada	Banano
Equipo de titulación	Vaso de precipitado	NaOH 0.1N	Papaya
Potenciómetro	Probeta 100 mL		
Agitador magnético	Mortero y pistilo		
Plancha de calentamiento	Matraz erlenmeyer		
Baño maría	Embudo		
	Gasas estériles		

Determinación del periodo de validez**Tabla 14.***Recursos empleados en la determinación del periodo de validez.*

Equipos	Reactivos	Muestra
Cámara de Flujo laminar	Agua esteril	Frutos de banana
Smartphone con sistema operativo MIUI, 48 mp,f/1.79, 1.6 um	Solución libre de células en distintas concentraciones	Frutos de papaya

Determinación microbiológica**Tabla 15.***Recursos empleados en la determinación microbiológica.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Espátula-cuchara	Agua de peptona	Banano
Agitador magnético	Vidrio reloj	0,5%	Papaya
Plancha de calentamiento con agitador	Vaso de precipitado	Alcohol potable	
	Probeta 100 mL	96%	
Incubadora	Tubos de ensayo	Lámina de Petrifilm	
Micropipeta	Gradilla		
Cámara de flujo laminar	Puntas estériles		
Vortex	Pipeta graduada		
Contador de colonias	10mL		
	Lámpara de alcohol		
	Fósforos		

Métodos

Obtención de bacterias ácido lácticas

Se recolectaron muestras de cuajada en frascos estériles, los cuales se sellaron herméticamente. Las muestras fueron almacenadas a temperatura de 0-4°C hasta su respectivo análisis en el laboratorio.

Se preparó una solución diluyente (NaCl 8.5g/L y peptona 1 g/L). Con la muestra de cuajada recolectada, se preparó una disolución, se tomó 1 mL de cuajada y 9 mL de solución diluyente. Luego se prepararon diluciones seriadas (10^{-1} a 10^{-5}) para obtener alícuotas de la muestra.

Siembra y aislamiento de BAL en Agar MRS

La siembra por extensión en superficie en placa de agar, se realizó por duplicado, para lo cual se tomó una alícuota de 0,1 mL de cada dilución (10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5}) y se colocó en medio de cultivo selectivo para el crecimiento de *Lactobacillus spp.*, Agar MRS; la concentración de Agar utilizado (67.15g en 1000 mL) y su preparación se realizó siguiendo las instrucciones que indica el fabricante (Titan Biotech Ltd). Se pipeteo la alícuota de cada inóculo y se extendió sobre la superficie del medio agar correspondiente para su homogeneización. Se incubó a 37°C durante 24 a 48 horas, en condiciones anaeróbicas.

Caracterización morfológica de los aislados BAL

Para observar la morfología de las bacterias aisladas, estas fueron inoculadas en agar e incubadas a 37 °C durante 48 horas. Luego se realizó una tinción Gram, se observó en microscopio OLYMPUS CX21 con aumento de 100x.

Tinción de Gram. Para diferenciar bacterias Gram positivas de bacterias Gram negativas mediante la tinción de Gram se añadió en un portaobjeto de vidrio una gota de agua destilada, luego manteniendo condiciones asépticas con un asa bacteriológica se recogió una muestra de la colonia del cultivo puro y se extendió sobre la gota de agua colocada en el portaobjeto, se fijó usando lámpara de alcohol y se dejó secar.

Secada la muestra se realiza la tinción, para lo cual se añadió 2 gotas de cristal violeta sobre el frotis durante 1 minuto, se enjuagó con agua destilada para quitar el exceso de la tinción. Luego se agregó 2 gotas de lugol durante 1 minuto y se lavó con agua. Después se añadió alcohol cetona, dejando actuar el decolorante durante 15 segundos para luego lavar con agua. Se añadió 2 gotas de safranina por 1 min y se lavó para quitar el exceso. Finalmente se utilizó lente y aceite de inmersión para su observación en el microscopio.

Caracterización bioquímica de aislados BAL

Prueba de catalasa. Se colocó una gota de peróxido de hidrógeno (3% p/v) sobre un portaobjeto de vidrio estéril, posteriormente se agregó el cultivo puro a analizar, obtenido por raspado en placa de agar que contenía al cultivo, se mezcló la gota de peróxido con la colonia bacteriana y se observó la reacción.

La prueba es positiva si presenta burbujas, caso contrario se considera catalasa negativa.

Caracterización probiótica de BAL en condiciones gastrointestinales

Prueba de tolerancia al pH. Se preparó caldo MRS a diferente valor de pH (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) utilizando HCl 10 N y NaOH 1N. Se colocaron inóculos de cultivo

bacteriano en los tubos de ensayo con el respectivo medio MRS y se incubaron a 37° C durante 24 h, utilizando un tubo con medio MRS como control negativo.

Transcurridas las 24h y 48h se observó turbidez en los medios de cultivo, mientras que en el control negativo no hubo crecimiento bacteriano.

Prueba de tolerancia a NaCl. Se determinó usando el medio MRS con 2, 4, 6 y 8% de concentración de NaCl. Se colocaron inóculos de cultivo fresco y se incubó a 37°C por 24 h. Los resultados se observaron con la turbidez o no del medio, transcurridas 24 h, en el control negativo no hubo crecimiento.

Determinación de la fermentación de azúcares. Se utilizó 1% (p/v) de azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa y lactosa) en caldo MRS, además se colocó rojo fenol (0.1% p/v) como indicador. Se dispensó 10 ml de medio de cultivo en cada tubo de ensayo. Se inoculó con cultivo bacteriano fresco y se incubó a 37° C durante 24 h. El resultado positivo se observó por el cambio de la coloración.

Prueba de tamizaje para evaluar la capacidad antimicrobiana

Las colonias aisladas de BAL se evaluaron frente a los aislados de la flora bacteriana causantes de la pudrición de las frutas, mediante el método de difusión por pozos. Para lo cual, las BAL se cultivaron en caldo MRS a 37 °C durante 24 h, posteriormente se sembraron 200 uL del cultivo de BAL en placa de agar MRS y se incubaron a 30 °C por 24h. Finalizada la incubación, se preparó caldo nutritivo y se sembró 100 uL del microorganismo patógeno aislados de las frutas en el medio líquido por 24 h, del cual se tomó 1 mL y se colocó sobre cada placa de agar MRS. Se incubó nuevamente a 37 °C durante 24 h.

Las placas consideradas como positivas fueron aquellas que presentaron zonas de inhibición igual o mayor a 2mm, lo cual permitió seleccionar a los aislados con mayor capacidad antimicrobiana para la flora bacteriana de ambos frutos.

Aislamiento de la microbiota de los frutos

Se recolectaron frutas muy maduras y estropeadas, tanto de banana como de papaya hawaiana del mercado municipal de Santo Domingo de los Tsáchilas. La recolección de la flora bacteriana a partir de las muestras frutales se realizó en condiciones asépticas en el laboratorio de microbiología de alimentos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para lo cual se empleó hisopos estériles previamente sumergidos en solución salina (0,85%), luego estos hisopos empleados fueron colocados en tubos de vidrio que contenían distintas concentraciones de soluciones salinas. Después se tomó 0.2 ml de cada solución salina y se inoculó la flora bacteriana en una placa de petri de agar nutriente, la cual fue incubada a 37 °C por 24 h. Transcurridas las 24 h se contó las UFC de la placa de petri.

Cinética de crecimiento de BAL

Se tomó una alícuota de cada aislado BAL (cuatro aislados), previamente conservados y se inoculó en 20 ml de caldo MRS, el cultivo se llevó a incubación a 37°C por 24 h, transcurridas el tiempo de incubación, se colocó el cultivo en un matraz Erlenmeyer que contenía 180 ml de caldo MRS. Se recogieron muestras de 1ml del cultivo líquido a las 0h, 6h, 24h, 30h; y se midió la densidad óptica a 600 nm, en un espectrofotómetro Thermo Scientific. Se inoculó 1 ml de cada muestra en láminas de petrifilm para el recuento de unidades formadoras de colonias por ml (UFC/ml). Con los valores de biomasa y la densidad óptica del cultivo se elaboraron curvas del crecimiento bacteriano.

Recuento de UFC de BAL

Se empleó el método de siembra por duplicado en láminas petrifilm de aislados BAL, luego se coloraron a 38 °C durante 48 horas. Transcurrido el tiempo de incubación se empleó el contador de colonias Colony Counter ISOLAB; a las colonias sembradas por duplicado se les calculó la media aritmética de UFC. Se realizó el conteo de UFC empleando la siguiente ecuación:

$$UFC = \#Colonia \times volumen \ de \ dilución \times Factor \ dilución$$

Obtención de solución libre de células para bioensayo de antagonismo

De los cultivos bacterianos BAL, a las 48h de crecimiento, se llevaron los caldos de cultivo a centrifugación a 10.000xg a 4°C durante un tiempo de 20 min, se utilizó la centrífuga Fisher Scientific para obtener la solución libre de células (SLC). Luego para eliminar los efectos producidos por los ácidos orgánicos presentes en el extracto, esta solución fue ajustada a pH 6 con NaOH 1N para luego ser filtrada. El SLC fue usado para los bioensayos antagónicos a diferentes concentraciones de BAL como se muestra en la Tabla 16. Los SLC sobrantes, se conservaron a 4 °C para su posterior uso como recubrimiento antimicrobiano.

Tabla 16.

Concentraciones de SLC para los bioensayos de antagonismo.

Concentración (UA/mL)	Dilución seriada en base 2
b0: 4×10^3	(1/ 4)
b1: 8×10^3	(1/ 8)
b2: 16×10^3	(1/16)
b3: 32×10^3	(1/32)

Bioensayos de inhibición entre BAL y la microbiota de los frutos

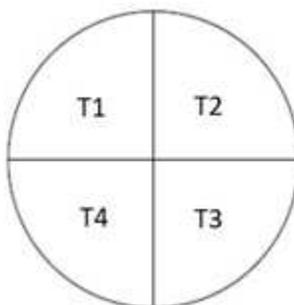
La actividad antagonista de la sustancia producida por las BAL se determinó empleando el método de difusión en disco de Kirby Bauer, para esta prueba se utilizó el medio agar Mueller-Hinton (38 g en 1000 ml agua), en el cual se inoculó de manera uniforme y aséptica la flora bacteriana de la fruta, utilizando un hisopo. Luego, se dividió en cuatro regiones la placa petri (Figura 4) y se colocaron en el medio de cultivo discos de papel filtro, previamente impregnados con diferentes concentraciones del caldo de cultivo de BAL. Este procedimiento evaluó cuatro concentraciones de SLC por la flora bacteriana de cada fruta y se realizó por triplicado. Para obtener las distintas concentraciones de SLC a partir de caldo BAL, se realizaron 4 diluciones seriadas en base 2, respectivamente (Tabla 16), luego se tomó 30 uL de cada dilución seriada y se colocó en discos individuales de papel filtro de 5.5 mm de diámetro contenidos en una placa de Petri estéril.

Preparación del recubrimiento bioprotector de los frutos

Los frutos de banano y papaya recibieron un pretratamiento, fueron sumergidos en una solución al 0.075 % del cloro comercial para su desinfección. El recubrimiento bioprotector se preparó a partir del SLC conservado en refrigeración, esta solución se diluyó en agua estéril. La superficie de los frutos fue pulverizada con las soluciones a diferentes concentraciones de SLC (4×10^3 , 8×10^3 y 16×10^3 UA/mL) manteniendo un grupo control con frutas pulverizadas en agua estéril. Luego, las frutas se dejaron secar al aire libre durante una hora, de manera que se seque la superficie. Se almacenaron a temperatura ambiente (Aproximadamente 23°C) dentro del laboratorio, conservando las frutas a diferentes periodos se observó su apariencia hasta determinar su deterioro.

Figura 4.

Divisiones en la placa petri para ensayo de actividad antagonista.



Diseño experimental para evaluar la SLC frente a la microbiota de los frutos

Factores del experimento

Tabla 17.

*Factores y Niveles a estudiar en la evaluación de las bacterias ácido lácticas con capacidad probiótica para la conservación de: banano (*M. paradisiaca* L.) y papaya hawaiana (*Carica papaya* L.).*

Factores	Niveles
A: Microbiota del Fruto	a0: Banano a1: Papaya hawaiana
B: Concentración de la sustancia bioprotectora	b0: 4×10^3 UA/mL (1/4) b1: 8×10^3 UA/mL (1/8) b2: 16×10^3 UA/mL (1/16) b3: 32×10^3 UA/mL (1/32)

Tratamientos a comparar

Tabla 18.

*Tratamientos a comparar en la evaluación de BAL con capacidad probiótica para la conservación de banano (*M. paradisiaca* L.) y papaya hawaiana (*Carica papaya* L.).*

Tratamiento	Factores	Descripción
T1	a0b0	Banano + concentración de la sustancia bioprotectora 4×10^3 UA/mL
T2	a0b1	Banano + concentración de la sustancia bioprotectora 8×10^3 UA/mL
T3	a0b2	Banano + concentración de la sustancia bioprotectora 16×10^3 UA/mL
T4	a0b3	Banano + concentración de la sustancia bioprotectora 32×10^3 UA/mL
T5	a1b0	Papaya + concentración de la sustancia bioprotectora 4×10^3 UA/mL
T6	a1b1	Papaya + concentración de la sustancia bioprotectora 8×10^3 UA/mL
T7	a1b2	Papaya + concentración de la sustancia bioprotectora 16×10^3 UA/mL
T8	a1b3	Papaya + concentración de la sustancia bioprotectora 32×10^3 UA/mL

Tipo de diseño experimental

En este estudio se aplicó un diseño factorial AxB (2x4), conformando un total de 8 tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento. El modelo estadístico de este diseño es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a; \quad j = 1, 2, \dots, b; \quad k = 1, 2, \dots, c;$$

Donde:

- μ = media global
- α = efecto del nivel i-ésimo del factor A
- β = efecto del nivel j-ésimo del factor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción doble del factor A por el factor B.
- ϵ_{ijk} = error aleatorio
- k= número de replicaciones del experimento

Repeticiones

El diseño del experimento se conformó de cuatro repeticiones por tratamiento, con un total de 32 unidades experimentales.

Análisis estadístico

Esquema de análisis estadístico

Tabla 19.

*Esquema del análisis de varianza para evaluar BAL con capacidad probiótica en la conservación de banano (*M. paradisiaca* L.) y papaya hawaiana (*Carica papaya* L.).*

Fuente de variación		Grados de libertad
Fruto	a-1	1
Concentración de SLC	b-1	3
Fruto x Concentración de SLC	(a-1) (b-1)	3
Réplicas	r-1	3
Error experimental		21
Total	abr-1	31

Análisis funcional

A fin de establecer diferencia entre las medias de los tratamientos e identificar grupos independientes se realizó una comparación de medias múltiple, para lo cual se utilizó la prueba de significancia LSD de Fisher ($p < 0.05$).

Variable a medir

Diámetro de inhibición de la sustancia bioprotectora

La actividad antagonista de la sustancia producida por las BAL se determinó mediante el método de difusión en disco de Kirby Bauer. Se registró el diámetro del halo inhibitorio formado al evaluar cuatro tratamientos: tres concentraciones de SLC y el control sin SLC, frente a la flora bacteriana de cada fruta y se realizó por triplicado.

Diseño experimental para evaluar la SLC en la conservación de los frutos

Factor del experimento

El factor de estudio es la evaluación de diferentes concentraciones de solución bioprotectora producida por bacterias ácido lácticas en la conservación de banano y papaya.

Tratamientos a evaluar en frutos de banano

Tabla 20.

Tratamientos a comparar en la evaluación de la sustancia bioprotectora producida por BAL en la conservación de banano

Tratamiento	Descripción
T1	Concentración de la sustancia bioprotectora 4×10^3 UA/mL
T2	Concentración de la sustancia bioprotectora 8×10^3 UA/mL
T3	Concentración de la sustancia bioprotectora 16×10^3 UA/mL
T4	Control sin sustancia bioprotectora

Tratamientos a evaluar en frutos de papaya

Tabla 21.

Tratamientos a comparar en la evaluación de la sustancia bioprotectora producida por BAL en la conservación de papaya

Tratamiento	Descripción
T1	Concentración de la sustancia bioprotectora 4×10^3 UA/mL
T2	Concentración de la sustancia bioprotectora 8×10^3 UA/mL
T3	Concentración de la sustancia bioprotectora 16×10^3 UA/mL
T4	Control sin sustancia bioprotectora

Tipo de diseño experimental

En este estudio se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), conformando de 4 tratamientos con tres repeticiones por tratamiento. El diseño sigue el modelo lineal:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ij} = Variable respuesta en la i -ésima repetición del j -ésimo tratamiento
- μ = Media general
- T_i = Efecto del tratamiento i .
- ϵ_{ijk} = Error aleatorio

Repeticiones

El diseño del experimento se conformó de tres repeticiones por tratamiento, con un total de 12 unidades experimentales.

Análisis estadístico

Esquema de análisis estadístico

Tabla 22.

Esquema del análisis de varianza para evaluar la sustancia bioprotectora producida por en la conservación de banano y papaya.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3
Error experimental	8
Total	11

Análisis funcional

A fin de establecer diferencia entre las medias de los tratamientos e identificar grupos independientes se realizó una comparación de medias múltiple, para lo cual se utilizó la prueba de significancia LSD de Fisher ($p < 0.05$).

Variables a medir

Determinación de la pérdida de peso

La pérdida de peso se evaluó registrando el peso diario de los frutos de cada tratamiento durante un periodo de almacenamiento de diez días. Los datos registrados fueron utilizados en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial (g)} - \text{peso actual (g)}}{\text{peso inicial (g)}} \times 100$$

Determinación de pH

El pH de la pulpa de las frutas fue medido con un potenciómetro digital mettler toledo que indica directamente el valor de pH de la muestra. Para ello, se pesó 10 g de pulpa de la fruta y se colocó en 100ml de agua destilada, se agitó suavemente, se insertó el electrodo en la muestra y se dio lectura de la cantidad de ión hidrógeno (NTE INEN, 389,1985). El equipo se calibró antes de cada medición.

Determinación de Sólidos solubles

Se utilizó un refractómetro digital ATAGO N-1 en la medición del porcentaje de Grados Brix (0-32%) de los frutos de papaya y banana. Para la preparación de la muestra y la determinación de sólidos solubles de banano se siguió la norma (NTE INEN, 380,1985) que se detalla a continuación:

Para el fruto de banano, se tomó 30 g de la pulpa macerada del fruto y se colocó en agua destilada (100 ml), seguidamente se llevó a ebullición durante 2 minutos, se dejó enfriar y luego se procedió a filtrar la mezcla empleando gasas estériles. De la solución filtrada se colocó de 2 a 3 gotas en el cristal del refractómetro y se dio lectura al porcentaje de masa de sacarosa.

Para la determinación de sólidos solubles de papaya se recolectó el líquido de la pulpa macerada del fruto. Luego se añadieron 2 a 3 gotas del líquido obtenido en el cristal del refractómetro y se procedió a leer de manera directa el porcentaje de masa de sacarosa. La determinación del porcentaje de sólidos solubles se realizó empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ SST} = \frac{\text{sto} + \text{ste}}{\text{sto}}$$

Donde:

- %SST= porcentaje de sólidos solubles totales
- sto= peso de la muestra (g)
- ste= volumen del diluyente (ml)

Determinación de acidez titulable

Para la determinación de la acidez titulable de las frutas de banano y papaya se empleó el método potenciómetro de referencia para muestras sólidas de acuerdo a la (NTE INEN, 381,1985). Para ello, se pesó 25 g de pulpa de la fruta, se diluyó en 50 ml de agua destilada caliente, se colocó la muestra en baño maría con agitación constante durante 30 minutos, la solución se dejó enfriar, se aforó con agua destilada a 250 mL y se filtró utilizando gasas estériles. Se tomó 25 mL de la solución filtrada, se procedió a añadir gotas de NaOH 0.1 N y se registró el volumen de NaOH consumido hasta

alcanzar los siguientes valores de pH: 6; 7 y 8,30. Se determinó la acidez titulable utilizando como referencia el ácido málico y ácido cítrico para banano y papaya, respectivamente. Los cálculos se realizaron empleando la siguiente fórmula:

Donde:

$$A = \frac{V_1 N_1 M}{V_2}$$

- A= g de ácido por cada producto (100 g)
- V1= cm³ de NaOH 0.1N empleados
- N1= normalidad de NaOH
- M= Peso molar del ácido referencia
- V2= Volumen de la muestra

Determinación de la vida útil

La vida útil de los frutos se determinó considerando los días de almacenamiento hasta que alcanzaron la apariencia visual aceptada para consumo. Se evaluó la etapa de maduración mediante un registro fotográfico de cada tratamiento de los frutos hasta que la apariencia comercial y/o poscomercial fueron aceptables.

Determinación de la calidad microbiológica

La microbiota de los frutos se evaluó para cada tratamiento por duplicado, mediante conteo de UFC/mL utilizando láminas de Petrifilm. Para la preparación de las muestras se pesó 10 g de fruta que se colocaron en 90 mL de agua peptonada (0.5%), se tomó una alícuota de 1ml y se realizó diluciones seriadas. Las láminas de petrifilm se inocularon con un 1ml de la dilución 10⁻⁷, luego se colocaron en incubación a 38°C durante 48h para recuento de aerobios y 72h para el recuento de mohos y levaduras.

CAPÍTULO IV

Resultados

Caracterización de la cuajada y aislamiento de BAL

La tabla 23 detalla los valores de la determinación analítica realizada en la cuajada de leche bovina previa a la obtención de bacterias ácido lácticas. A partir de las muestras de leche cuajada (cuajo enzimático) se obtuvo el aislamiento de 10 colonias bacterianas en medio Agar MRS.

Tabla 23.

Características de la cuajada de la leche.

Parámetro estadístico	Ph	°Brix [%]	Acidez titulable [%]
Media	5,22 ± 0,007	6,67 ± 0,294	0,29 ± 0,003

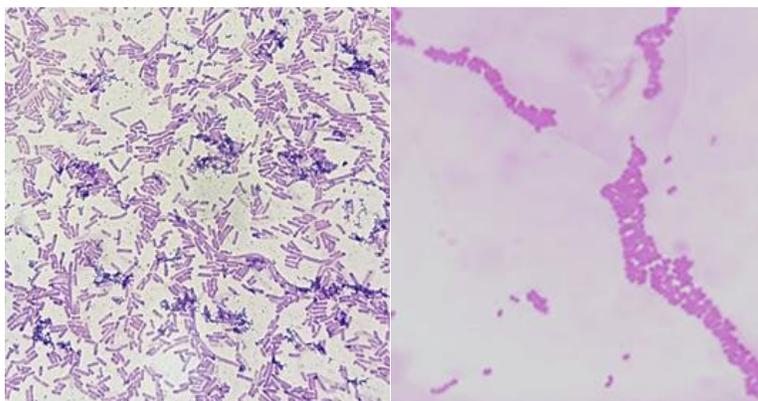
Identificación de los aislados BAL

Caracterización morfológica

Tinción gram. De las colonias cultivadas en medio MRS, se seleccionaron aquellas que presentaron de 1 a 3 mm de diámetro con color blanco cremoso. Luego de realizar la tinción gram de las colonias aisladas, 9 fueron observadas en el microscopio óptico e identificadas como gram positivas, de morfología bacilos y cocos (Figura 5).

Figura 5.

Morfología de colonias aisladas de BAL en microscopio óptico 100x.



Nota: A) Fotografía de BAL con morfología bacilar; B) BAL con morfología cocoide.

Pruebas bioquímicas

Catalasa. Se determinó que los microorganismos aislados son catalasa negativa, en su totalidad (100%) no presentaron descomposición del peróxido de hidrógeno, siendo ausente la formación de oxígeno (burbujas).

Caracterización probiótica de BAL en condiciones gastrointestinales

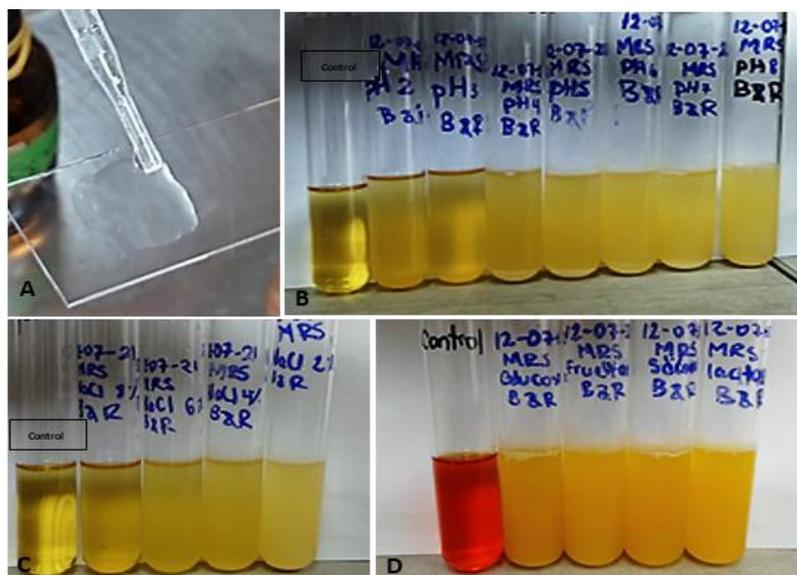
Tolerancia al pH. Luego de 24 horas de incubación se obtuvo el crecimiento de todos los aislados, se observó turbidez en los diferentes medios a distinto pH (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

Tolerancia a las sales. Todas las colonias evaluadas presentaron crecimiento en los medios de cultivo a diferente concentración de NaCl (2, 4, 6 y 8%).

Fermentación de azúcares. El crecimiento bacteriano fue satisfactorio en los aislados evaluados, mostrando su capacidad para fermentar glucosa, sacarosa, fructosa y lactosa. El crecimiento en estas condiciones y la capacidad de fermentación de carbohidratos, inducen a que las bacterias evaluadas presentan un perfil similar a bacterias del género *Lactobacillus spp.*

Figura 6.

Evaluación probiótica de BAL en condiciones gastrointestinales



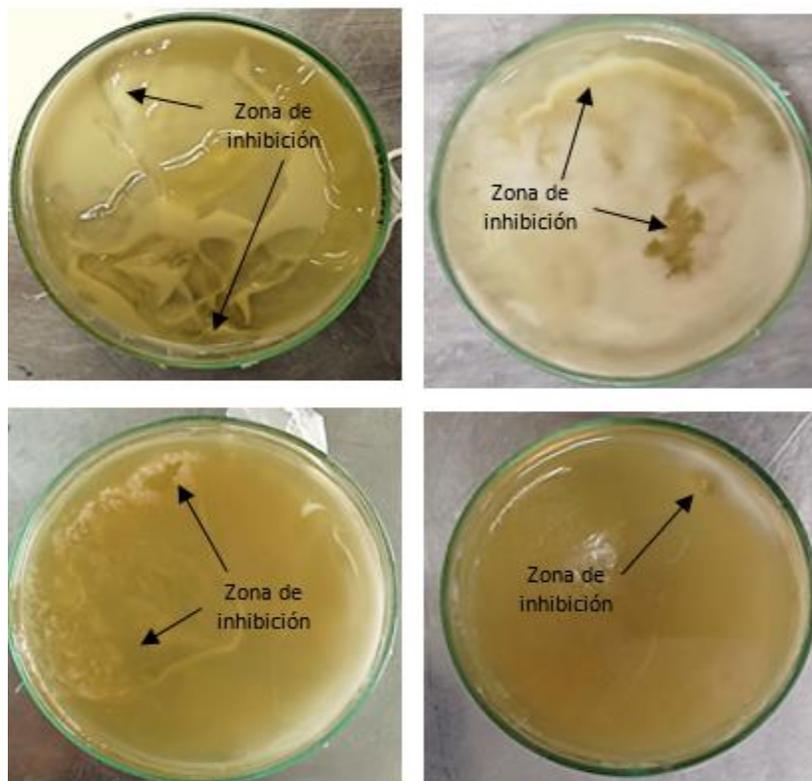
Nota: A) Catalasa (-) de colonias bacterianas aisladas. B) Crecimiento bacteriano a diferente pH. C) Crecimiento bacteriano a diferente concentración de NaCl. D) Fermentación de azúcares de las colonias bacterianas aisladas.

Tamizaje de aislados para evaluar la capacidad antimicrobiana

De los 9 aislados de BAL evaluados por el método de mancha sobre el agar se observó que 5 no exhibieron capacidad antimicrobiana con respecto a la microbiota aislada de los frutos. Sin embargo, 4 aislados bacterianos presentaron un efecto inhibitorio sobre la microbiota del banano y 2 de ellos frente a la microbiota de la papaya.

Figura 7.

Tamizaje de las BAL con actividad antimicrobiana.

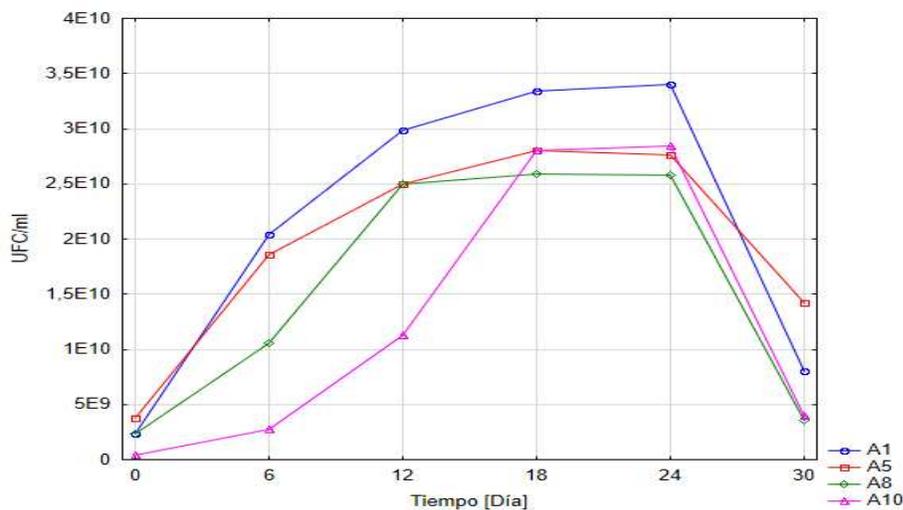
**Cinética de crecimiento de BAL**

Se seleccionaron 4 aislados de BAL con capacidad antimicrobiana (A1, A5, A8 y A10), en la figura -se muestra la cinética de crecimiento en UFC/ml con respecto al tiempo.

Se determinó que la fase de mayor crecimiento bacteriano fue desde las 12h hasta las 24h de incubación, luego las bacterias detienen la reproducción y asciende la cantidad de células muertas (Figura 8). A la hora cero, los aislados bacterianos A1, A5, A8 y A10 presentaron un crecimiento inicial respectivo a $2,3 \times 10^{-5}$; $3,8 \times 10^{-5}$; $2,4 \times 10^{-5}$ y $4,2 \times 10^{-6}$ UFC/ml. El aislado A1 presentó un mayor crecimiento a las 24h con $3,4 \times 10^{-4}$ UFC/ml; A5 con $2,8 \times 10^{-4}$ UFC/ml a las 18h; A8 con $2,6 \times 10^{-4}$ UFC/ml a las 18h y A10 con $2,8 \times 10^{-4}$ UFC/ml a las 18h; presentando un descenso a partir de las 24 h.

Figura 8.

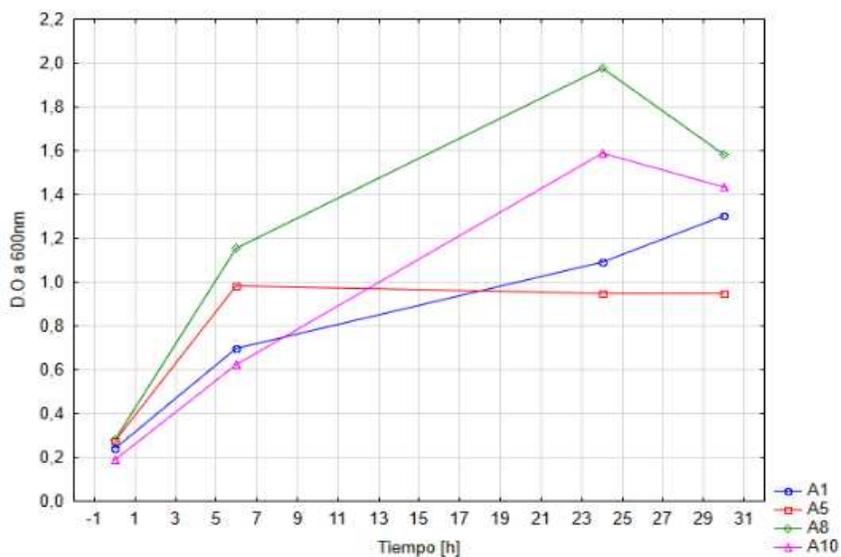
Cinética de crecimiento de BAL por recuento de UFC/ml



En la figura 9 se muestra el crecimiento medido por densidad óptica (D.O.), la curva presenta un aumento durante la fase exponencial desde la hora 6; siendo el aislado A8 el que presenta mayor D.O. (1,98) a las 24h, seguido por A10 con 1,589 D.O. a las 24h, A1 con 1,302 D.O. a las 30 h y A5 con 0,984 D.O. a las 6h, permaneciendo en periodo estacionario hasta las 24h.

Figura 9.

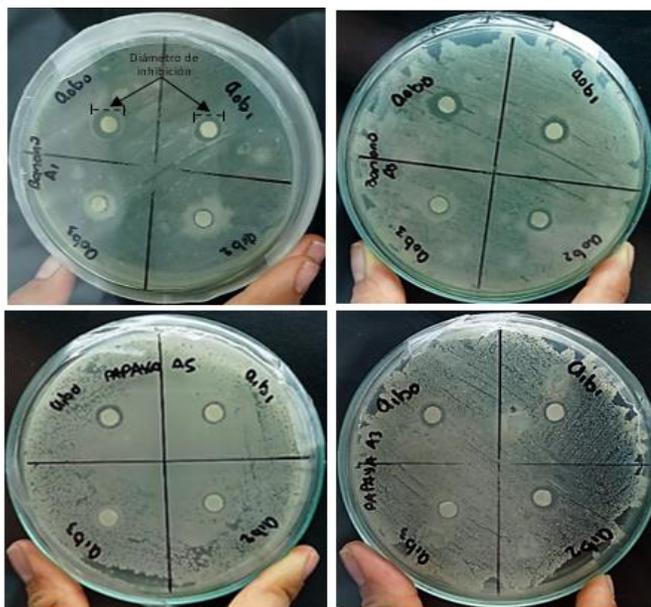
Cinética de crecimiento de BAL mediante la medida de D.O



Bioensayos de inhibición de la sustancia bioprotectora producida por BAL

Figura 10.

Diámetro de inhibición de la SLC frente a la microbiota de los frutos.



Análisis de varianza del diámetro de inhibición

Tabla 24.

Análisis de varianza de la Inhibición de BAL frente a la microbiota de los frutos.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Microbiota del Fruto	19,531	1	19,531	56,818	0,000000
B: Concentración de sustancia bioprotectora	16,781	3	5,594	16,273	0,000011
Efecto AB	3,406	3	1,135	3,303	0,040195
Réplicas	2,031	3	0,677	1,970	0,149438
Error	7,219	21	0,344		
Total	48,97	31			
Co. Variación	8,12				

El análisis de varianza de la tabla 24 muestra diferencia significativa en el Factor A (Microbiota del fruto), Factor B (Concentración de la sustancia bioprotectora) e interacción AB (Microbiota del fruto*concentración). En réplicas no se encontró diferencia significativa.

Prueba de significancia LSD-Fisher del Factor A, Factor B e interacción A*B

Tabla 25.

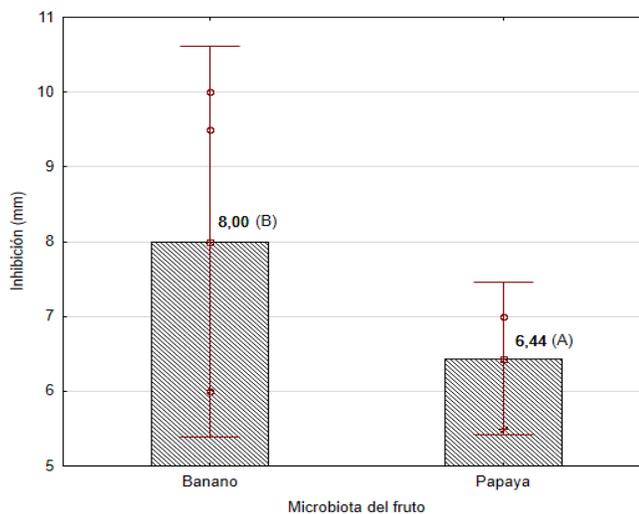
*Pruebas de significancia LSD-Fisher para el Factor A, Factor B e interacción A*B.*

	Inhibición [mm]	LSD p<0.05
Factor A		
Banano	8,00 ± 1,304 ^b	0,43108
Papaya	6,44 ± 0,512 ^a	
Factor B		
SLC 4×10 ³ UA/mL SLC	8,06 ± 1,425 ^c	0,60964
SLC 8×10 ³ UA/MI SLC	7,63 ± 1,188 ^{bc}	
SLC 16×10 ³ UA/mL SLC	7,06 ± 0,729 ^b	
SLC 32×10 ³ UA/mL SLC	6,13 ± 0,791 ^a	
Interacción A*B		
Banano*4x10 ³ UA/mL SLC	9,25 ± 0,957 ^d	0,86216
Banano*8×10 ³ UA/mL SLC	8,63 ± 0,750 ^d	
Banano*16×10 ³ UA/mL SLC	7,63 ± 0,479 ^c	
Banano*32×10 ³ UA/mL SLC	6,5 ± 1,00 ^{ab}	
Papaya*4x10 ³ UA/mL SLC	6,88 ± 0,250 ^{bc}	
Papaya*8×10 ³ UA/mL SLC	6,63 ± 0,250 ^b	
Papaya*16×10 ³ UA/mL SLC	6,5 ± 0,408 ^{ab}	
Papaya*32×10 ³ UA/mL SLC	5,75 ± 0,289 ^a	

Nota: Los valores representados (a-c) indican las medias de menor a mayor rango.

Figura 11.

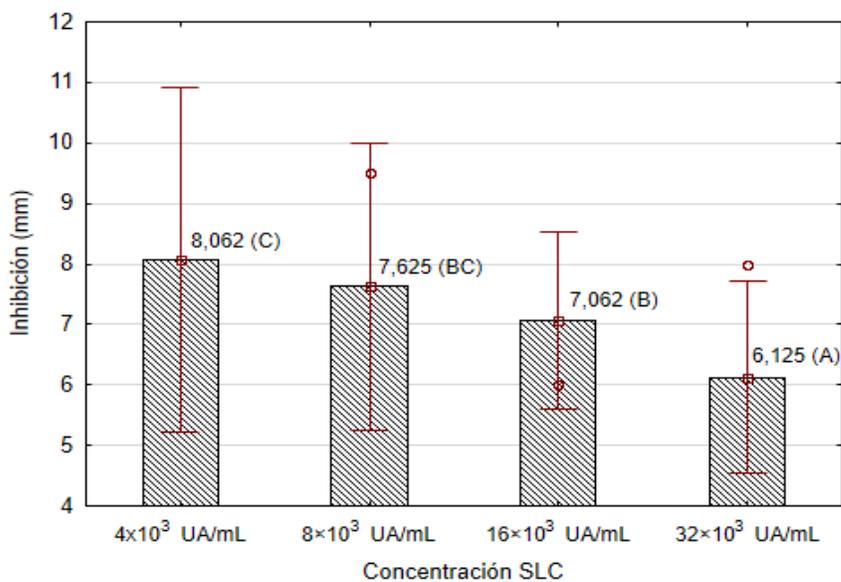
Resultados de LSD-Fisher para el Factor A (Microbiota de los frutos).



La figura 11 muestra diferencia significativa para la variable diámetro de inhibición resultando mayor para la microbiota de banano con 8 mm (B) y menor para la microbiota de la papaya con 6,44 mm (A).

Figura 12.

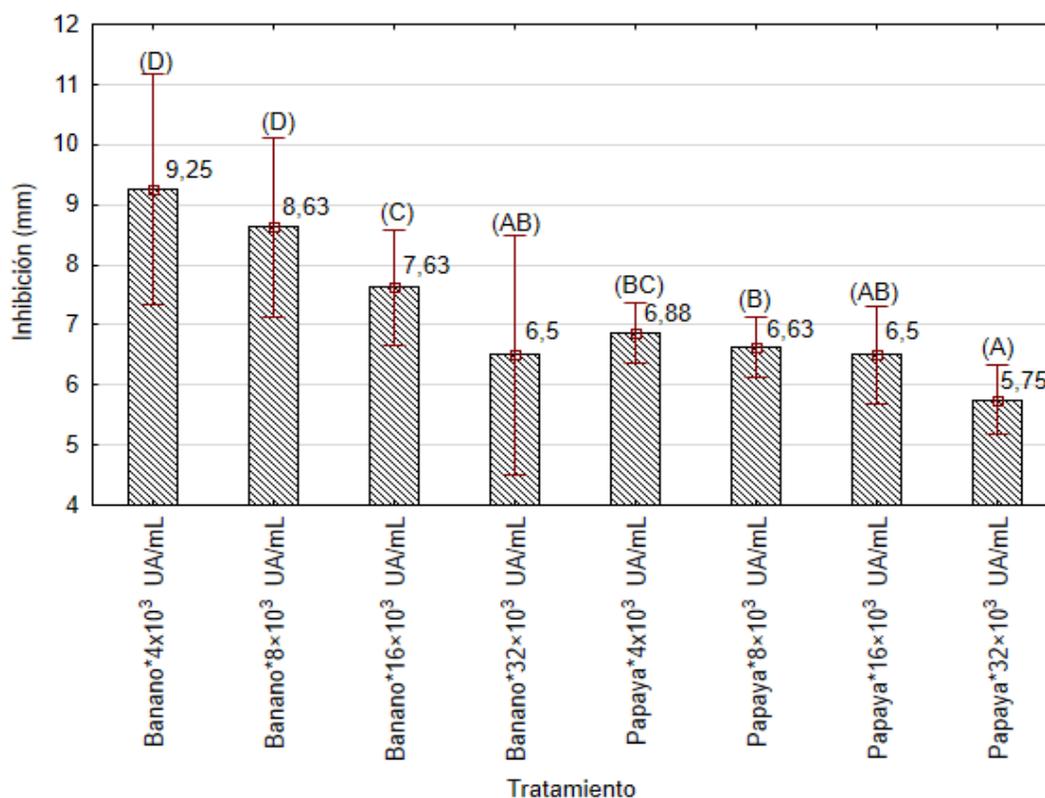
Resultados de LSD-Fisher para el Factor B (Concentración de sustancia bioprotectora).



La figura 12 muestra diferencia significativa para la variable diámetro de inhibición, formándose tres grupos homogéneos, siendo mayor para la concentración 4×10^3 UA/ml de la solución libre de células con 8,06 mm (C) y menor para la concentración de 32×10^3 UA/ml con 6,13 mm (A).

Figura 13.

Resultados de LSD-Fisher para la interacción A B.*



En la figura 13 se muestra el análisis de medias mediante la prueba LSD de Fisher para interacción del Factor A*Factor B, del cual se observó diferencia significativa para la variable diámetro de inhibición y se identificó cuatro grupos homogéneos, siendo mayor el T1 (Microbiota de banano*Concentración 4×10^3 UA/ml de SLC) con 9,25 mm (D) y menor el T8 (microbiota de papaya*Concentración 32×10 UA/ml de SLC) con 5,75 mm (A).

Análisis de varianza

Análisis de varianza para la variable pérdida de banano

Tabla 26.

Análisis de varianza de la variable pérdida de peso en banano al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	12,168	3	4,056	9,008	0,012192
Réplicas	0,815	2	0,408	0,905	0,453326
Error	2,702	6	0,450		
Total	15,69	11			
Coeficiente de variación	4,68				

En el análisis de varianza de la tabla 26, se observó diferencia significativa en el % de pérdida de peso de banano al evaluar las diferentes concentraciones de SIC. Mientras que réplicas no presenta diferencia significativa.

Análisis de varianza para la variable pérdida de peso de papaya

Tabla 27.

Análisis de varianza de la variable pérdida de peso en papaya al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	12,7241	3	4,2414	7,041	0,021623
Réplicas	0,2063	2	0,1032	0,171	0,846595
Error	3,6145	6	0,6024		
Total	16,54	11			
Coeficiente de variación	9,31				

La tabla 27 del análisis de varianza muestra diferencia significativa en el % de pérdida de peso de papaya al evaluar los tratamientos. Mientras que réplicas no presenta diferencia significativa.

Análisis de varianza para las variables fisicoquímicas de banano

Tabla 28.

Análisis de varianza de la variable pH en banano al día 0.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0023	3	0,0008	5	0,043558
Réplicas	0,0004	2	0,0001	1	0,530504
Error	0,0009	6	0,0002		
Total	0,0036	11			
Coeficiente de variación	14,04				

En el análisis de varianza de la tabla 28, se observó diferencia significativa en el pH de banano a los 0 días al aplicar 4 tratamientos. En réplicas no se observó diferencia significativa.

Tabla 29.

Análisis de varianza de la variable pH en banano al día 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0333	3	0,0111	47	0,000146
Réplicas	0,0003	2	0,0002	1	0,545955
Error	0,0336	6	0,0002		
Total	0,03	11			
Coeficiente de variación	0,29				

El análisis de varianza de la tabla 29, se observó diferencia significativa en el pH de banano a los 5 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de pH diferentes. En réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Tabla 30.

Análisis de varianza de la variable pH en banano al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0252	3	0,0084	19,8	0,001633
Réplicas	0,0004	2	0,0002	0,5	0,614125
Error	0,0026	6	0,0004		
Total	0,04	11			
Coefficiente de variación	0,44				

En el análisis de varianza de la tabla 30, se observó diferencia significativa en el pH de banano a los 10 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de pH diferentes en este periodo de almacenamiento de los frutos. En cambio, no se evidenció diferencia significativa en réplicas.

Tabla 31.

Prueba de Levene para sólidos solubles en banano al día 0.

	Efecto de Cuadrados medios	Error de cuadrados medios	F	p-Valor
Brix	0,005926	0,001111	5,333333	0,026000

Tabla 32.

Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en banano al día 0

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0000	3	0,000	0,0000	1,000000
Réplicas	0,03227	2	0,01613	0,2000	0,823975
Error	0,48400	6	0,08067		
Total	0,51627	11			
Coeficiente de variación	0,27				

En la tabla 31 se muestra la Prueba de homogeneidad de Levene, considerando el nivel de significancia $p < 0.05$, se encontró que las varianzas son distintas en la variable sólidos solubles de banano a los 0 días de almacenamiento.

El análisis de varianza de la tabla 32 no se observó diferencia significativa en los sólidos solubles de banano a los 0 días al aplicar 4 tratamientos ni en réplicas.

Tabla 33.

Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en banano al día 5

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	67,339	3	22,446	252,21	0,000001
Réplicas	0,223	2	0,111	1,25	0,351083
Error	0,534	6	0,089		
Total	68,096	11			
Coeficiente de variación	1,83				

En el análisis de varianza de la tabla 33 se observó diferencia significativa en sólidos solubles de banano a los 5 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al

menos uno de los tratamientos presenta resultados en % Brix diferentes. En réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Tabla 34.

Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en banano al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	12,187	3	4,062	45,46	0,000161
Réplicas	0,095	2	0,047	0,53	0,614136
Error	0,536	6	0,089		
Total	12,82	11			
Coeficiente de variación	1,33				

En el análisis de varianza de la tabla 34 se observó diferencia significativa en sólidos solubles de banano a los 10 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de % Brix diferentes en este periodo de almacenamiento de los frutos. En cambio, no se evidenció diferencia significativa en réplicas.

Tabla 35.

Análisis de varianza de la variable acidez titulable en banano al día 0.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000007	3	0,000002	0,25	0,860150
Réplicas	0,000020	2	0,000010	1,10	0,390735
Error	0,000054	6	0,000009		
Total	0,000081	11			
Coeficiente de variación	2,55				

En el análisis de varianza de la tabla 35, considerando el nivel de significancia $p < 0.05$, no se observó diferencia significativa en la acidez titulable de banano a los 0 días, al aplicar distintas concentraciones de SLC como tratamientos. Con respecto a las réplicas, de igual forma, no presentó diferencia significativa.

Tabla 36.

Análisis de varianza de la variable acidez titulable en banano al día 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000397	3	0,000132	34,7	0,000345
Réplicas	0,000025	2	0,000012	3,3	0,109903
Error	0,000023	6	0,000004		
Total	0,00044	11			
Coefficiente de variación	0,80				

En el análisis de varianza de la tabla 36 se observó diferencia significativa en acidez titulable de banano a los 5 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de acidez titulable diferentes. En réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Tabla 37.

Análisis de varianza de la variable acidez titulable en banano al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000847	3	0,000282	46,6	0,000150
Réplicas	0,000009	2	0,000005	0,8	0,506359
Error	0,000036	6	0,000006		
Total	0,00089	11			
Coefficiente de variación	0,65				

En el análisis de varianza de la tabla 37, se observó diferencia significativa en acidez titulable de banano a los 10 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de acidez titulable diferentes en este periodo de almacenamiento de los frutos. En réplicas no se observó diferencia significativa.

Análisis de varianza para las variables fisicoquímicas de papaya

Tabla 38.

Prueba de Levene para pH en al día 0.

	Efecto de Cuadrados medios	Error de cuadrados medios	F	p-Valor
pH	0,000059	0,000011	5,333333	0,026000

Tabla 39.

Análisis de varianza de la variable pH en papaya al día 0.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0014	3	0,0005	4	0,058769
Réplicas	0,0002	2	0,0001	1	0,536377
Error	0,0007	6	0,0001		
Total	0,022	11			
Coeficiente de variación	0,27				

En la tabla 38 se muestra la Prueba de homogeneidad de Levene, considerando el nivel de significancia $p < 0.05$, se encontró que las varianzas son distintas en la variable pH de papaya a los 0 días de almacenamiento.

En el análisis de varianza de la tabla 39, no se observó diferencia significativa en el pH de papaya a los 0 días al aplicar 4 tratamientos, ni en réplicas.

Tabla 40.

Análisis de varianza de la variable pH en papaya al día 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,2242	3	0,0747	79,8	0,000032
Réplicas	0,0011	2	0,0006	0,6	0,580424
Error	0,0056	6	0,0009		
Total	0,23	11			
Coeficiente de variación	0,56				

En el análisis de varianza de la tabla 40, se observó diferencia significativa en el pH de papaya a los 5 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de

los tratamientos presenta resultados de pH diferentes. En réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Tabla 41.

Análisis de varianza de la variable pH en papaya al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,1432	3	0,0477	521	0,000000
Réplicas	0,0015	2	0,0008	8	0,018848
Error	0,0006	6	0,0001		
Total	0,15	11			
Coeficiente de variación	0,56				

En el análisis de varianza de la tabla 41, se observó diferencia significativa en el pH de papaya a los 10 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de pH diferentes en este periodo de almacenamiento de los frutos. No se evidenció diferencia significativa en réplicas.

Tabla 42.

Prueba de Levene para sólidos solubles en papaya al día 0.

	Efecto de Cuadrados medios	Error de cuadrados medios	F	p-Valor
Brix	0,005926	0,001111	5,333333	0,026000

Tabla 43.

Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en papaya al día 0.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0067	3	0,0022	0,25	0,858711
Réplicas	0,0267	2	0,0133	1,50	0,296296
Error	0,0533	6	0,0089		
Total	0,09	11			
Coeficiente de variación	1,63				

En la tabla 42 se muestra la Prueba de homogeneidad de Levene, considerando el nivel de significancia $p < 0.05$, se encontró que las varianzas son distintas en la variable sólidos solubles de papaya a los 0 días de almacenamiento.

El análisis de varianza de la tabla 43, no se observó diferencia significativa en los sólidos solubles de banano a los 0 días al aplicar 4 tratamientos ni en réplicas.

Tabla 44.

Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en papaya al día 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	1,8158	3	0,6053	18,95	0,001834
Réplicas	0,0950	2	0,0475	1,49	0,298888
Error	0,1917	6	0,0319		
Total	2,10	11			
Coeficiente de variación	2,39				

En el análisis de varianza de la tabla 44, se observó diferencia significativa en los sólidos solubles de papaya a los 5 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al

menos uno de los tratamientos presenta resultados de % °Brix diferentes. En réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Tabla 45.

Análisis de varianza de la variable sólidos solubles en papaya al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	6,109	3	2,036	103,25	0,000015
Réplicas	0,002	2	0,001	0,04	0,958909
Error	0,118	6	0,020		
Total	6,23	11			
Coeficiente de variación	1,50				

En el análisis de varianza de la tabla 45, se observó diferencia significativa en sólidos solubles de papaya a los 10 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de %° Brix diferentes en este periodo de almacenamiento de los frutos. En cambio, no se encontró diferencia significativa en réplicas.

Tabla 46.

Análisis de varianza de la variable acidez titulable en papaya al día 0.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000040	3	0,000013	27,05	0,000695
Réplicas	0,000000	2	0,000000	0,04	0,965177
Error	0,000003	6	0,000000		
Total	0,000043	11			
Coeficiente de variación	1,18				

La tabla 46 muestra el análisis de varianza de la variable acidez titulable----, se observó diferencia significativa en acidez titulable de papaya a los 0 días al aplicar 4 tratamientos. En réplicas no se observó diferencia significativa.

Tabla 47.

Análisis de varianza de la variable acidez titulable en papaya al día 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000730	3	0,000243	122,75	0,000009
Réplicas	0,000005	2	0,000002	1,21	0,361386
Error	0,000012	6	0,000002		
Total	0,000012	11			
Coeficiente de variación	2,96				

En la tabla 47, se observó diferencia significativa en acidez titulable de papaya a los 5 días de tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de acidez titulable diferentes. En réplicas no se evidenció diferencia.

Tabla 48.

Análisis de varianza de la variable acidez titulable en papaya al día 10.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000477	3	0,000159	12,266	0,005701
Réplicas	0,000009	2	0,000005	0,348	0,719218
Error	0,000078	6	0,000013		
Total	0,00056	11			
Coeficiente de variación	8,78				

En el análisis de varianza de la tabla 48, se observó diferencia significativa en acidez titulable de papaya a los 10 días al aplicar 4 tratamientos, se considera que al menos uno de los tratamientos presenta resultados de acidez titulable diferentes en este periodo de almacenamiento de los frutos. En cambio, no se evidenció diferencia significativa en réplicas.

Análisis de varianza para la variable vida útil de banano

Tabla 49.

Análisis de varianza de la variable vida útil de banano.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	18,917	3	6,306	13,353	0,004593
Réplicas	0,500	2	0,250	0,529	0,614125
Error	2,833	6	0,472		
Total	22,25	11			
Coeficiente de variación	5,39				

En base al análisis de varianza de la tabla 49, se encontró diferencia significativa en los tratamientos al evaluar la variable vida útil de banano durante el periodo de almacenamiento de los frutos, se considera que al menos uno de los tratamientos difiere en los resultados de vida útil de los frutos. Mientras, que en réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Análisis de varianza para la variable vida útil de papaya

Tabla 50.

Análisis de varianza de la variable vida útil de papaya.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	27,667	3	9,222	14,435	0,003758
Réplicas	0,167	2	0,083	0,130	0,880136
Error	3,833	6	0,639		
Total	31,67	11			
Coefficiente de variación	7,38				

En base al análisis de varianza de la tabla 50, se encontró diferencia significativa en los tratamientos al evaluar la variable vida útil de papaya durante el periodo de almacenamiento de los frutos, se considera que al menos uno de los tratamientos difiere en los resultados de vida útil de papaya. Mientras, que en réplicas no se evidenció diferencia significativa.

Pruebas de significancia LSD-Fisher

Prueba LSD-Fisher para la pérdida de peso de banano

Tabla 51.

Prueba de significancia LSD-Fisher para la pérdida de peso de banano.

	T1	T2	T3	T4	LSD (p<0.05)
%PP	12,87 ± 1,091 ^a	14,35± 0,347 ^b	14,47± 0,321 ^{bc}	15,71± 0,577 ^c	1,34066

Nota: Cada valor corresponde a la media del % de pérdida de peso de tres frutos (n=3).

Los valores (a-c) indican las medias de menor a mayor rango. T1: SLC (4×10^3 UA/mL);

T2: SLC (8×10^3 UA/mL); T3: SLC (16×10^3 UA/mL); T4: control (sin SLC).

Figura 14.

Resultados de LSD-Fisher para la pérdida de peso de banano a los 10 días del almacenamiento

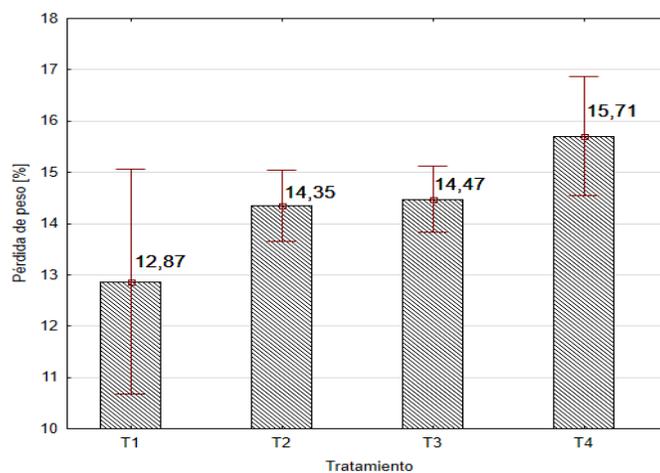
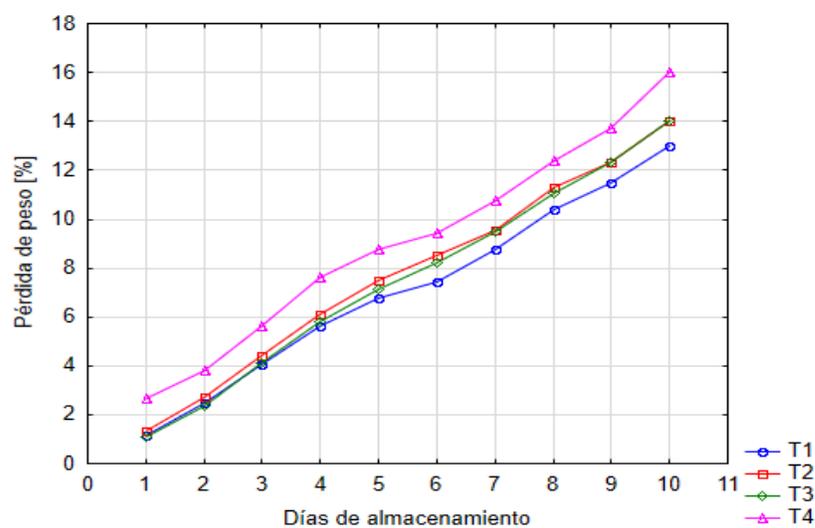


Figura 15.

Pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de banano.



Durante el transcurso del almacenamiento, se observó que la pérdida de peso fue menor a medida que la concentración de SLC fue mayor. En la figura 14 se encontró

diferencia significativa para la variable pérdida de peso de la fruta de banano, las frutas tratadas con SLC mostraron una disminución en el valor de pérdida de peso a comparación con las frutas control T4 (Grupo C). A los 10 días de almacenamiento, la fruta tratada con T1: 4×10^3 UA/mL de SLC (Grupo A) presentó una menor pérdida de peso (12,87%) con respecto al control, que mostró un 15,71%.

Prueba LSD-Fisher para la pérdida de papaya

Tabla 52.

Prueba de significancia LSD-Fisher para la pérdida de peso de papaya.

	T1	T2	T3	T4	LSD ($p < 0.05$)
%PP	6,91± 0,868 ^a	7,93± 0,894 ^{ab}	8,83 ± 0,005 ^{bc}	9,68 ± 0,597 ^c	1,55067

Nota: Cada valor corresponde a la media del % de pérdida de peso de tres frutos (n=3).

Los valores (a-c) indican las medias de menor a mayor rango. T1: SLC (4×10^3 UA/mL);

T2: SLC (8×10^3 UA/mL); T3: SLC (16×10^3 UA/mL); T4: control (sin SLC).

Figura 16.

Resultados de LSD-Fisher para la pérdida de peso de papaya a los 10 días del almacenamiento

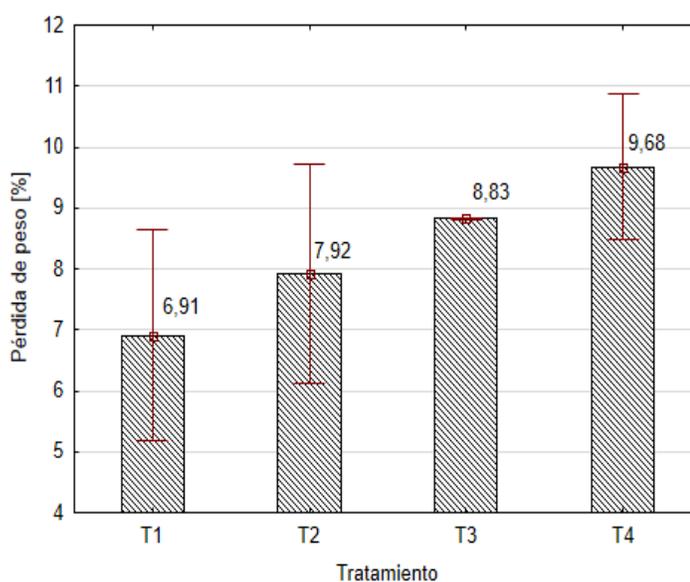
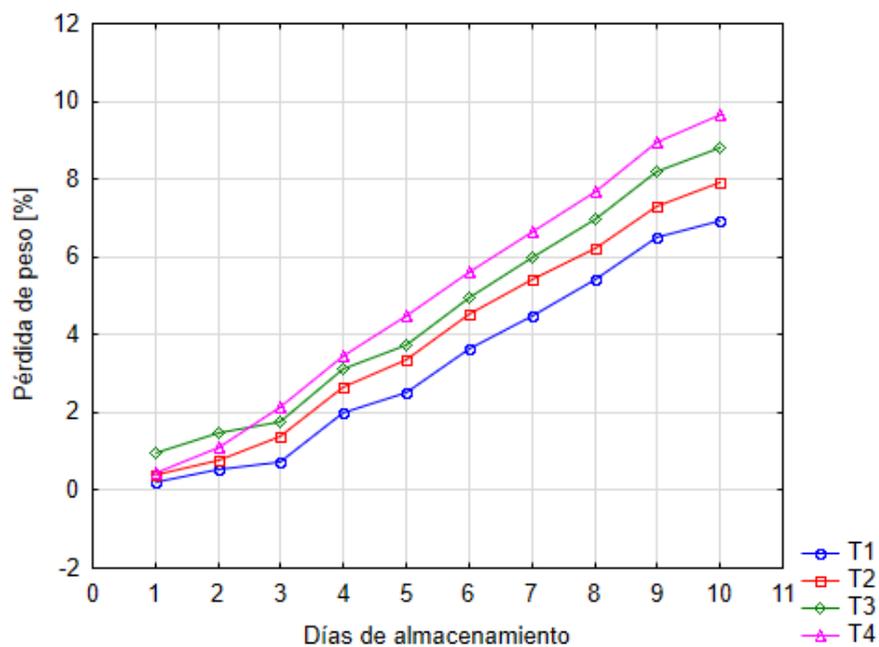


Figura 17.

Pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de papaya.



La figura 16 muestra diferencia significativa para la variable pérdida de peso de la fruta de papaya, se encontró que los tratamientos de frutas de papaya con SLC mostraron una disminución en el valor de pérdida de peso en comparación con la fruta control T4 (Grupo C). A los 10 días de almacenamiento, la fruta del tratamiento T1: 4×10^3 UA/mL de SLC (Grupo A) presentó una menor pérdida de peso (6,91) con respecto al control, que mostró un 9,68%.

Prueba LSD-Fisher para las variables fisicoquímicas de banano

Tabla 53.

Prueba de significancia LSD-Fisher para pH, sólidos solubles y acidez titulable durante el almacenamiento de banano.

Días	T1	T2	T3	T4	LSD (p<0.05)
pH					
0	5,73 ± 0,012 ^a	5,73 ± 0,017 ^a	5,76± 0,015 ^b	5,72 ± 0,00 ^a	0,02469
5	5,34 ± 0,006 ^c	5,25 ± 0,010 ^b	5,23 ± 0,017 ^{ab}	5,2 ± 0,021 ^a	0,03070
10	4,77 ± 0,010 ^b	4,77 ± 0,012 ^b	4,68 ± 0,032 ^a	4,68 ± 0,015 ^a	0,04119
Sólidos solubles					
0	2,02 ± 0,250 ^a	2,02 ± 0,250 ^a	2,02 ± 0,250 ^a	2,02 ± 0,250 ^a	0,56744
5	12,42 ± 0,250 ^a	16,76± 0,250 ^b	17,33 ± 0,00 ^b	18,78 ± 0,500 ^c	0,59602
10	21,67± 0,00 ^a	21,67± 0,433 ^a	22,24± 0,250 ^a	24,12± 0,250 ^b	0,59725
Acidez titulable					
0	0,117 ± 0,002 ^a	0,117 ± 0,005 ^a	0,119 ± 0,002 ^a	0,118 ± 0,001 ^a	0,00618
5	0,233 ± 0,00 ^a	0,244 ± 0,002 ^b	0,245± 0,001 ^b	0,248 ± 0,005 ^b	0,00404
10	0,367 ± 0,002 ^a	0,368 ± 0,00 ^a	0,384± 0,002 ^b	0,384 ± 0,004 ^b	0,00506

Nota: Las medias con letras iguales en las filas no son significativamente diferentes (LSD de Fisher, p>0.05). La media corresponde a tres repeticiones (n=3). Los valores representados (a-d) indican las medias de menor a mayor rango. T1: SLC (4×10³ UA/mL); T2: SLC (8×10³ UA/mL); T3: SLC (16×10³UA/mL); T4: control (sin SLC).

Figura 18.

Resultados de LSD-Fisher para pH de banano a los 0, 5 y 10 días del almacenamiento

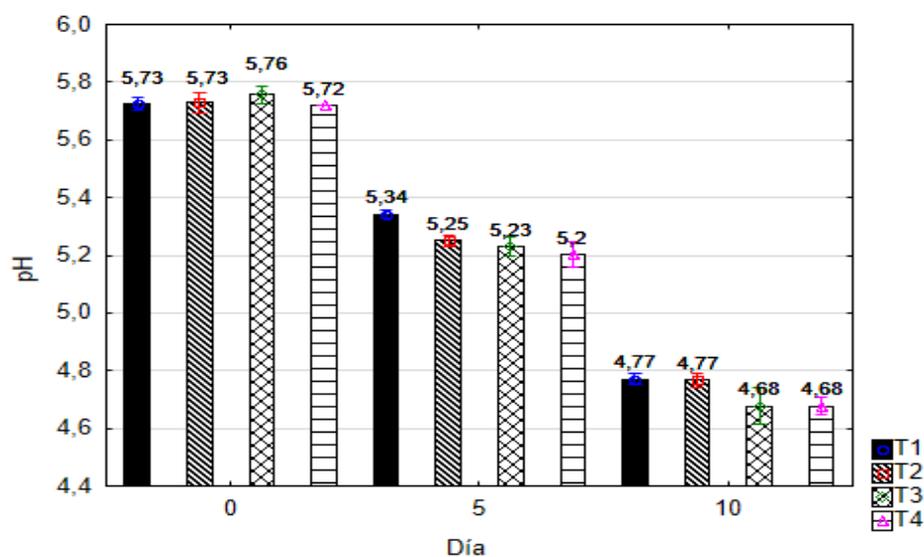
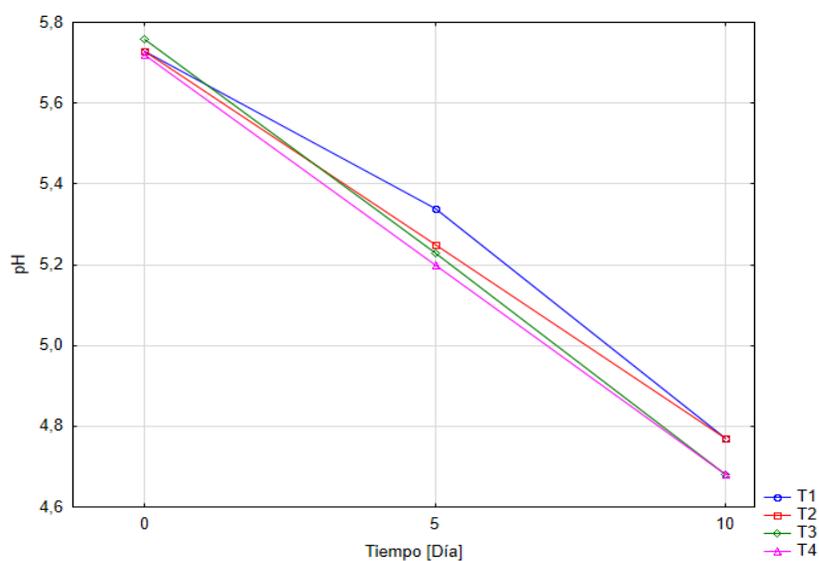


Figura 19.

Variación de pH durante el almacenamiento de banano



La tabla 53 muestra las diferencias entre las medias y la formación de los grupos independiente o homogéneos según el nivel de significancia $p < 0.05$ de la prueba LSD-Fisher en el análisis de pH, sólidos solubles y acidez titulable durante el almacenamiento de banano.

En la figura 18 se encontró diferencia significativa para la variable pH a los 0, 5 y 10 días del almacenamiento de banano; observándose en el día 0 la formación de dos grupos independientes, el valor más alto (5,76) fue para T3 que pertenece al grupo B y los tratamientos T1, T2 y T4 que pertenecen al grupo A, presentaron un valor más bajo (5,73, 5,73 Y 572). En el día 5, se identificaron tres grupos homogéneos, el valor más alto (5,34) fue para T1 del grupo C y el valor más bajo (5,2) corresponde al T1 del grupo A. En el día 10 se identificó dos grupos independientes, el mayor valor de pH (64,77) se identificó en T1 y T2 que pertenecen al grupo B y el menor valor (4,68) fue para T3 y T4 que pertenecen al grupo A.

Figura 20.

Resultados de LSD-Fisher para sólidos solubles de banano a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento

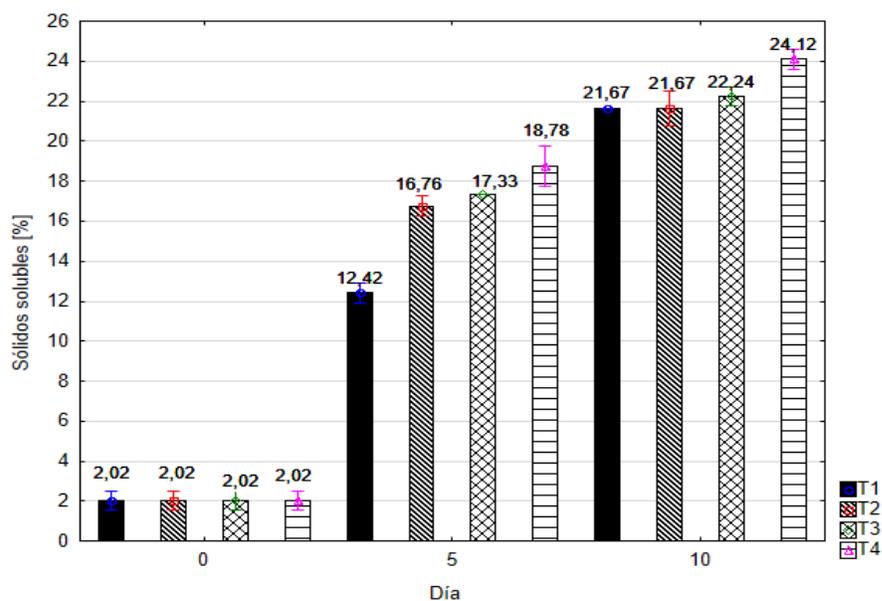
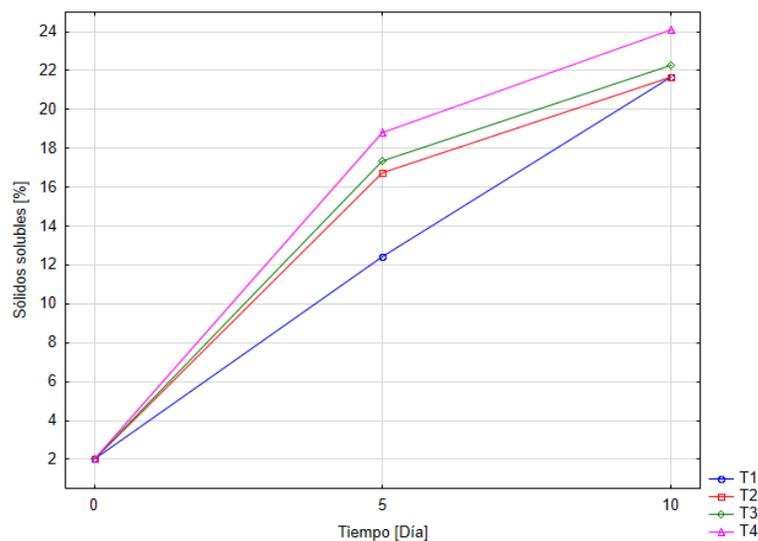


Figura 21.

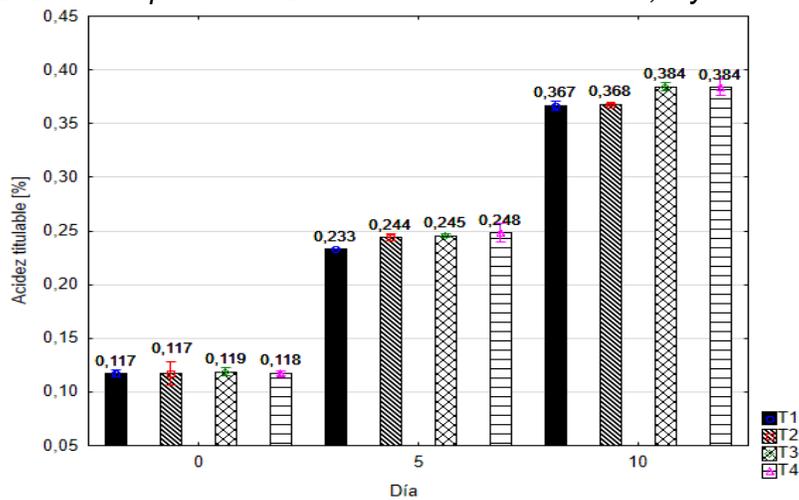
Variación de sólidos solubles durante el almacenamiento de banano



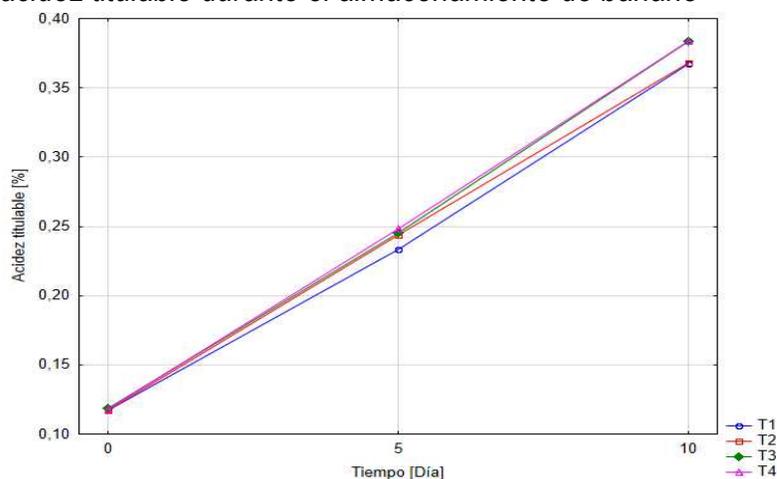
La figura 20 muestra la existencia de diferencia significativa para la variable sólidos solubles de banano en los días 5 y 10, mientras que en el día 0 no se encontró diferencia significativa, se identificó que los tratamientos pertenecen a un mismo grupo. En el día 5, se identificó tres grupos independientes, el T4 que pertenece al grupo C, mostró un valor más alto (18,78%) y T1 del grupo A presentó el valor más bajo (12,42%). A los 10 días, se formó dos grupos independientes; el T4 del grupo B, presentó el valor más alto (24,12%), mientras que T1, T2 y T3 que pertenecen al grupo A presentaron valores más bajos (21,67; 21,67 y 22,24 %).

Figura 22.

Resultados de LSD-Fisher para acidez titulable de banano a los 0, 5 y 10 días

**Figura 23.**

Variación de acidez titulable durante el almacenamiento de banano



En la figura 22 se encontró diferencia significativa para la variable acidez titulable a los 5 y 10 días del almacenamiento de banano, mientras que en el día 0 no se encontró diferencia. En el día 5 se formaron dos grupos independientes, los tratamientos T2, T3 y T4 que pertenecen al grupo B, presentaron valores más altos (0,244, 0,245 y 0,248) y el valor más bajo (0,233) presentó el T1 que pertenece al grupo A. En el día 10 se identificó la formación de dos grupos independientes, el valor más alto (0,384) fue para T3 y T4 que pertenecen al grupo B y los valores más bajos (0,367 y 0,368) fueron para T1 y T2 del grupo A.

Prueba LSD-Fisher para las variables fisicoquímicas de papaya

Tabla 54.

Prueba de significancia LSD-Fisher para pH, sólidos solubles y acidez titulable durante el almacenamiento de papaya.

Días	T1	T2	T3	T4	LSD (p<0.05)
pH					
0	3,91 ± 0,006 ^{ab}	3,93 ± 0,017 ^b	3,9 ± 0,006 ^a	3,9 ± 0,006 ^a	0,02079
5	5,3 ± 0,015 ^a	5,44 ± 0,051 ^b	5,68± 0,020 ^d	5,53 ± 0,010 ^c	0,06113
10	5,87 ± 0,015 ^b	5,86 ± 0,012 ^b	5,83± 0,015 ^a	6,11 ± 0,021 ^c	0,01913
Sólidos solubles					
0	5,77 ± 0,058 ^a	5,73 ± 0,058 ^a	5,8 ± 0,173 ^a	5,77 ± 0,058 ^a	0,18836
5	6,83 ± 0,153 ^a	7,67 ± 0,306 ^b	7,53± 0,115 ^b	7,87± 0,115 ^b	0,35708
10	8,43± 0,153 ^a	9,07 ± 0,115 ^b	9,47± 0,115 ^c	10,4 ± 0,100 ^d	0,28058
Acidez titulable					
0	0,061 ± 0,001 ^b	0,057 ± 0,001 ^a	0,058± 0,00 ^a	0,062± 0,00 ^b	0,00163
5	0,060 ± 0,001 ^c	0,046 ± 0,002 ^b	0,046± 0,00 ^b	0,038 ± 0,002 ^a	0,00312
10	0,047 ± 0,004 ^b	0,045 ± 0,004 ^b	0,042± 0,003 ^b	0,030±0,00 ^a	0,00742

Nota: Las medias con letras iguales en las filas no son significativamente diferentes (LSD de Fisher, p>0.05). La media corresponde a tres repeticiones (n=3). Los valores representados (a-d) indican las medias de menor a mayor rango. T1: SLC (4×10³ UA/mL); T2: SLC (8×10³ UA/mL); T3: SLC (16×10³UA/mL); T4: control (sin SLC).

Figura 24.

Resultados de LSD-Fisher para pH de papaya a los 0, 5 y 10 días del almacenamiento

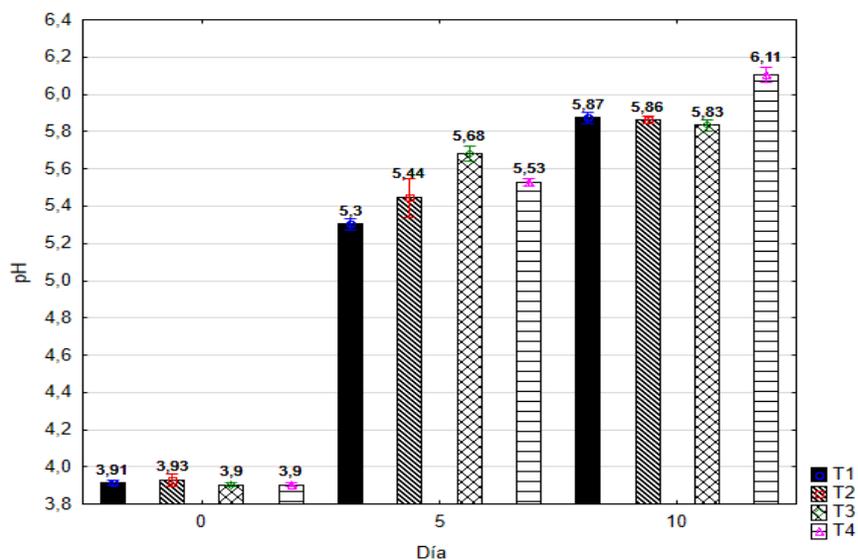
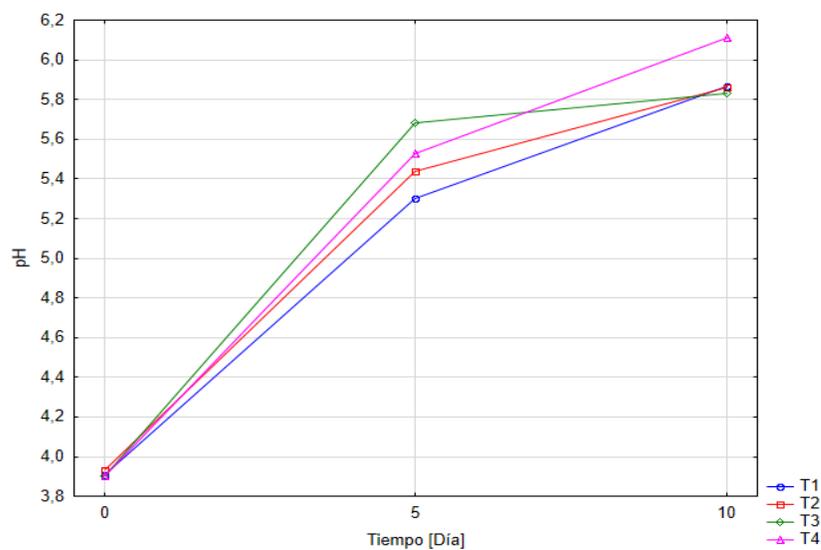


Figura 25.

Variación de pH durante el almacenamiento de papaya



La figura 24 muestra diferencia significativa para la variable pH a los 0, 5 y 10 días del almacenamiento de papaya. En el día 0 se identificó la formación de dos grupos homogéneos, el valor más alto (3,93) de pH corresponde a T2 del grupo B y el valor más bajo (3,9) presentó T3 y T4 que pertenecen al grupo A. En el día 5 se

formaron cuatro grupos independientes, el valor mayor (5,68) fue para T3 que pertenece al grupo D y el valor menor (5,3) fue para T1 que pertenece al grupo A. En el día 10 se observó tres grupos independientes, el pH fue mayor (6,11) para T4 del grupo C y menor (5,83) para T3 que pertenece al grupo A.

Figura 26.

Resultados de LSD-Fisher para sólidos solubles de papaya a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento

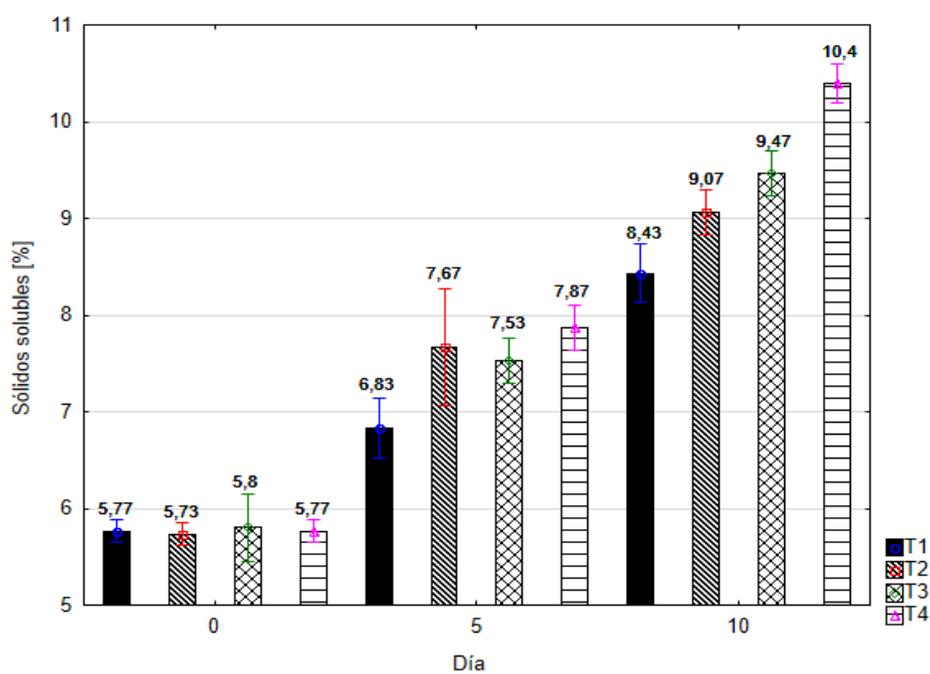
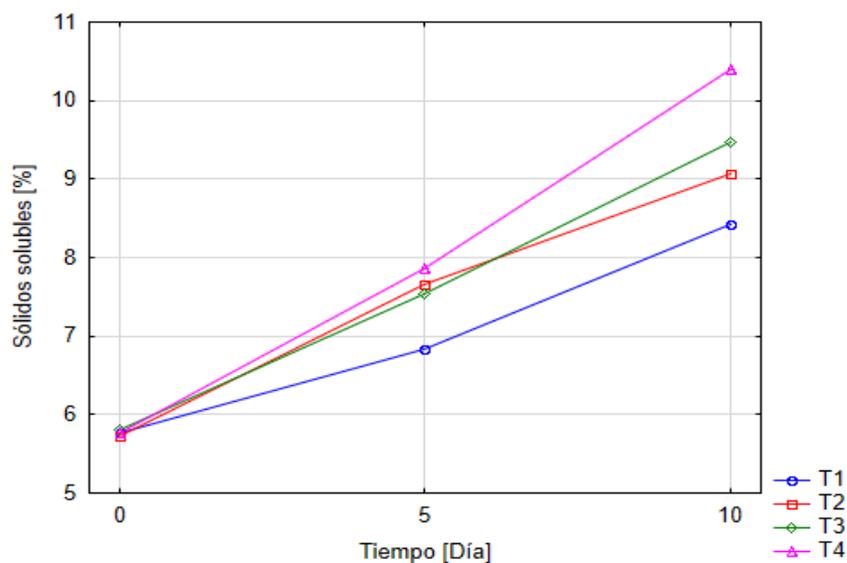


Figura 27.

Variación de sólidos solubles durante el almacenamiento de papaya



En la figura 26 se encontró diferencia significativa para la variable sólidos solubles a los 5 y 10 días del almacenamiento de papaya, mientras que en el día 0 no se encontró diferencia significativa. En el día 5 se formaron dos grupos independientes, los tratamientos T3, T2 y T4 que pertenecen al grupo B, presentaron mayor valor (7,53; 7,67 y 7,87), mientras que T1 presentó un menor valor (6,83). En el día 10 se identificó cuatro grupos independientes, el valor más alto (10,4) fue para T4 que pertenecen al grupo D y el valor más bajo (8,43) fue para T1 que pertenece al grupo A.

Figura 28.

Resultados de LSD-Fisher para acidez titulable de papaya a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento

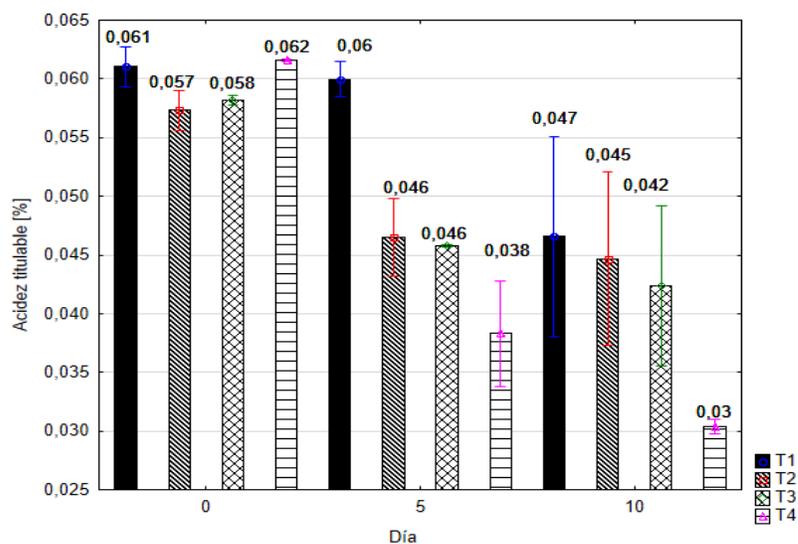
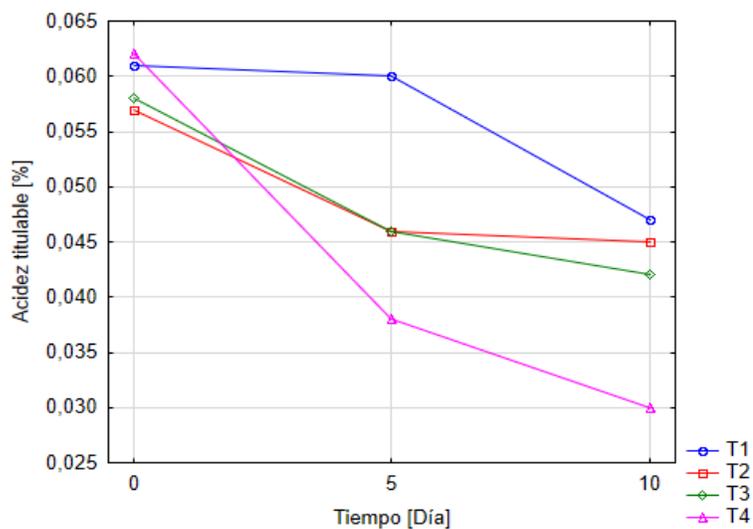


Figura 29.

Variación de acidez titulable durante el almacenamiento de papaya



En la figura 28 se encontró diferencia significativa para la variable acidez titulable a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento de papaya. En el día 0 se identificó dos grupos independientes, los tratamientos T1 y T4 (grupo B) presentaron mayor valor de

acidez titulable con 0,061 y 0,062%, respectivamente; mientras que T2 y T3 (grupo A) presentaron un menor valor de acidez con 0,057 y 0,058%. En el día 5 se distinguieron tres grupos independientes, el valor más alto (0,060) fue para T1 que pertenecen al grupo C y el valor más bajo (0,038) fue para T4 que pertenece al grupo A. En el día 10, se identificó dos grupos independientes, los tratamientos T1, T2 y T3 que pertenecen al grupo B, presentaron mayor valor de acidez titulable (0,047, 0,045, 0,042), mientras que T4 que pertenece al grupo A presentó un menor valor (0,030).

Prueba LSD-Fisher para la vida útil de banano

Tabla 55.

Prueba de significancia LSD-Fisher para la vida útil de banano.

	T1	T2	T3	T4	LSD (p<0.05)
Días de vida útil	14,00 ± 1,000 ^b	13,33± 0,577 ^b	13,00 ± 0,000 ^b	10,67 ± 0,577 ^a	1,37292

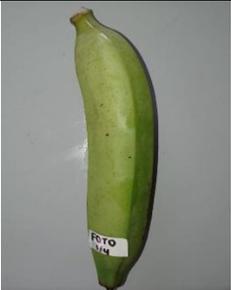
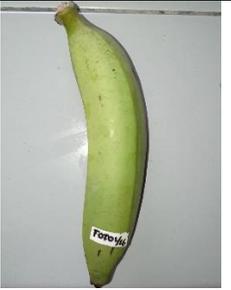
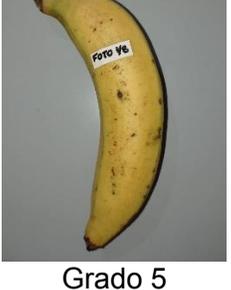
Nota: Cada valor corresponde a la media de los días de vida útil de tres frutos (n=3).

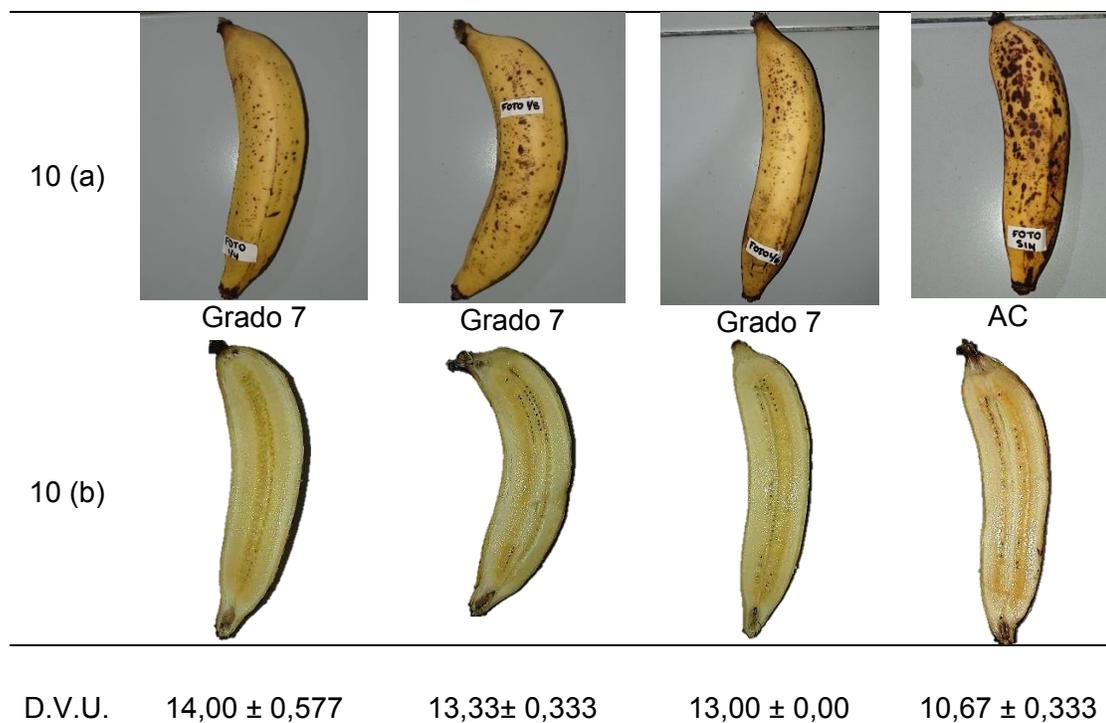
Los valores (a-b) indican las medias de menor a mayor rango. T1: SLC (4×10³ UA/mL);

T2: SLC (8×10³ UA/mL); T3: SLC (16×10³UA/mL); T4: control (sin SLC).

Tabla 56.

Efecto del recubrimiento sobre la vida útil y maduración del banano.

Días	T1	T2	T3	T4
1	 Grado 2	 Grado 2	 Grado 2	 Grado 2
3	 Grado 3	 Grado 3	 Grado 3	 Grado 3
5	 Grado 3	 Grado 3	 Grado 3	 Grado 4
7	 Grado 4	 Grado 5	 Grado 6	 Grado 7

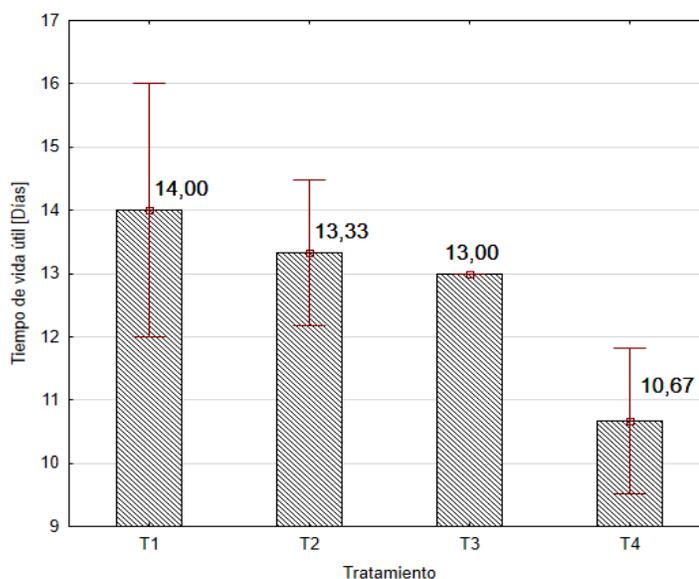


Nota: Registro fotográfico de la maduración de los tratamientos: T1: SLC (4×10^3 UA/mL); T2: SLC (8×10^3 UA/mL); T3: SLC (16×10^3 UA/mL); T4: Sin SLC; durante diez días de conservación de banano. 10 (a): Registro fotográfico externo del fruto; 10 (b) Registro fotográfico interno del fruto. Banano poscomercial aceptable para consumo (A.C); Días de vida útil (D.V.U.) correspondiente al valor promedio de tres frutos.

El grado 7 de maduración de banano se considera comercialmente aceptable y con mayor valor nutritivo para consumo. En la Tabla 56 se observa que los frutos tratados con SLC 4×10^3 UA/mL, 8×10^3 UA/mL y 16×10^3 UA/mL alcanzaron este grado de maduración a los 10 días, a diferencia del T4: sin SLC que lo alcanzó a los 7 días.

Figura 30.

Resultados de LSD-Fisher para la vida útil de banano



La figura 30 muestra diferencia significativa para la variable vida útil en el almacenamiento de banano, identificando dos grupos independientes. Se encontró que los bananos tratados con la sustancia bioprotectora: T1, T2 y T3 (Grupo B), presentaron una mayor extensión de su vida útil, hasta 14; 13,33 y 13 días, respectivamente; mientras que el control T4 (Grupo A), presentó una vida útil de 10,67 días.

Prueba LSD-Fisher para la vida útil de papaya

Tabla 57.

Prueba de significancia LSD-Fisher para la vida útil de papaya.

	T1	T2	T3	T4	LSD (p<0.05)
Días de vida útil	12,33 ± 0,577 ^b	11,67 ± 0,577 ^b	11,00 ± 1,000 ^b	8,33 ± 0,577 ^a	1,59693

Nota: Cada valor corresponde a la media de los días de vida útil de tres frutos (n=3).

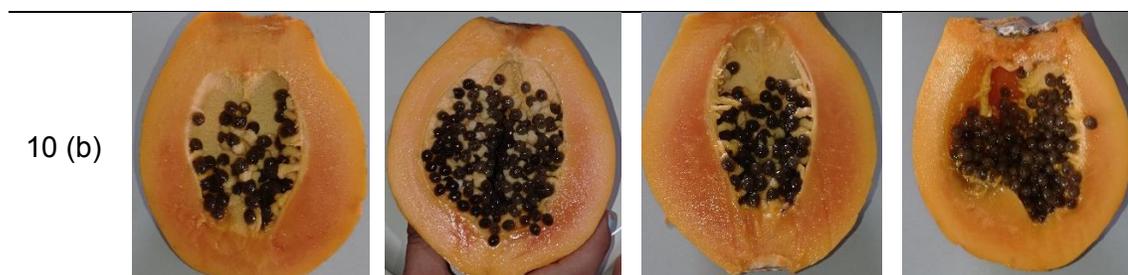
Los valores (a-b) indican las medias de menor a mayor rango. T1: SLC (4×10³ UA/mL);

T2: SLC (8×10³ UA/mL); T3: SLC (16×10³UA/mL); T4: control (sin SLC).

Tabla 58.

Efecto del recubrimiento sobre la vida útil y maduración de la papaya.

Días	T1	T2	T3	T4
1	 FOTO 1/4	 FOTO 1/8	 FOTO 1/16	 FOTO SIN
	Grado 3	Grado 3	Grado 3	Grado 3
3	 FOTO 1/4	 FOTO 1/8	 FOTO 1/16	 FOTO SIN
	Grado 4	Grado 4	Grado 4	Grado 4
5	 FOTO 1/4	 FOTO 1/8	 FOTO 1/16	 FOTO SIN
	Grado 4	Grado 4	Grado 4	Grado 5
7	 FOTO 1/4	 FOTO 1/8	 FOTO 1/16	 FOTO SIN
	Grado 5	Grado 5	Grado 5	Grado 5
10 (a)	 FOTO 1/4	 FOTO 1/8	 FOTO 1/16	 FOTO SIN
	Grado 6	Grado 6	Grado 6	NO AC



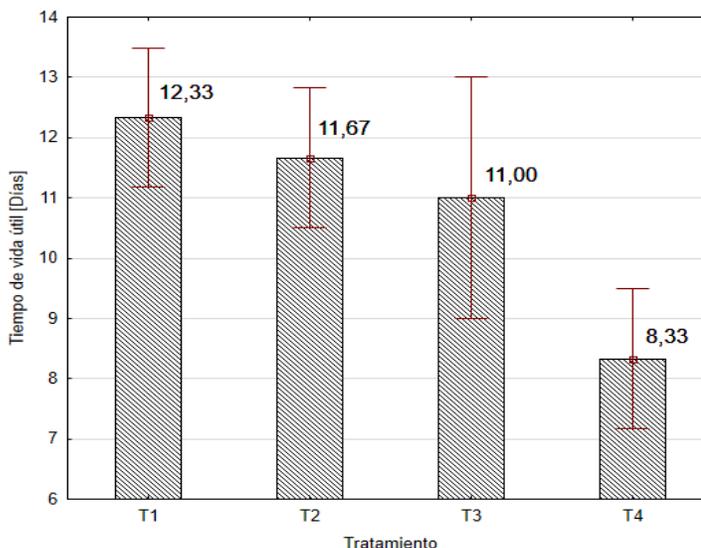
D.V.U	$12,33 \pm 0,577$	$11,67 \pm 0,577$	$11,00 \pm 1,000$	$8,33 \pm 0,577$
-------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------

Nota: Registro fotográfico y grado de maduración de los tratamientos: T1: SLC (4×10^3 UA/mL); T2: SLC (8×10^3 UA/mL); T3: SLC (16×10^3 UA/mL); T4: Sin SLC; durante diez días de conservación de papaya. 10 (a): Registro fotográfico externo del fruto; 10 (b) Registro fotográfico interno del fruto. Papaya NO aceptable para consumo (NO AC). Días de vida útil (D.V.U.) corresponde al valor promedio de tres frutos.

Los frutos de papaya con grado 6 tienen características similares al grado 5, la intensidad del color naranja en la superficie es mayor, la pulpa y piel son de gran suavidad y se considera aún adecuado para el consumo. En la tabla 58 se observó que el tratamiento T4 alcanzó esta maduración aproximadamente a los 8 días de conservación a diferencia de las papayas tratadas con SLC 4×10^3 UA/mL, 8×10^3 UA/mL y 16×10^3 UA/mL que alcanzaron la escala 6 de maduración a los 10 días.

Figura 31.

Resultados de LSD-Fisher para la vida útil de papaya



La figura 31 muestra diferencia significativa para la variable vida útil en el almacenamiento de papaya, identificando dos grupos independientes. Se encontró que las papayas tratadas con la sustancia bioprotectora: T1, T2 y T3 (Grupo B), presentaron una extensión mayor de su vida útil, de hasta 12,33; 11,67 y 11 días, respectivamente; mientras el control T4 (Grupo A), presentó menor vida útil de 8,33 días.

Análisis de la calidad microbiológica de los frutos

Calidad microbiológica de banano

Tabla 59.

Análisis de la calidad microbiológica de banano.

Microorganismo	T1	T2	T3	T4
Aerobios (UFC/mL)	$1,06 \times 10^{11}$	$1,14 \times 10^{11}$	$1,44 \times 10^{11}$	$2,58 \times 10^{11}$
Mohos (UFC/mL)	0	3×10^8	2×10^8	7×10^8
Levaduras (UFC/mL)	0	0	4×10^8	$2,04 \times 10^{11}$

Como se muestra en la tabla 59 los resultados obtenidos a los días de almacenamiento del fruto de banano, indican una mayor carga bacteriana y fúngica en el fruto control (T4). Mientras que los frutos tratados con SLC (T1, T2 y T3) obtuvieron una carga bacteriana menor.

Calidad microbiológica de papaya

Tabla 60.

Análisis de la calidad microbiológica de papaya.

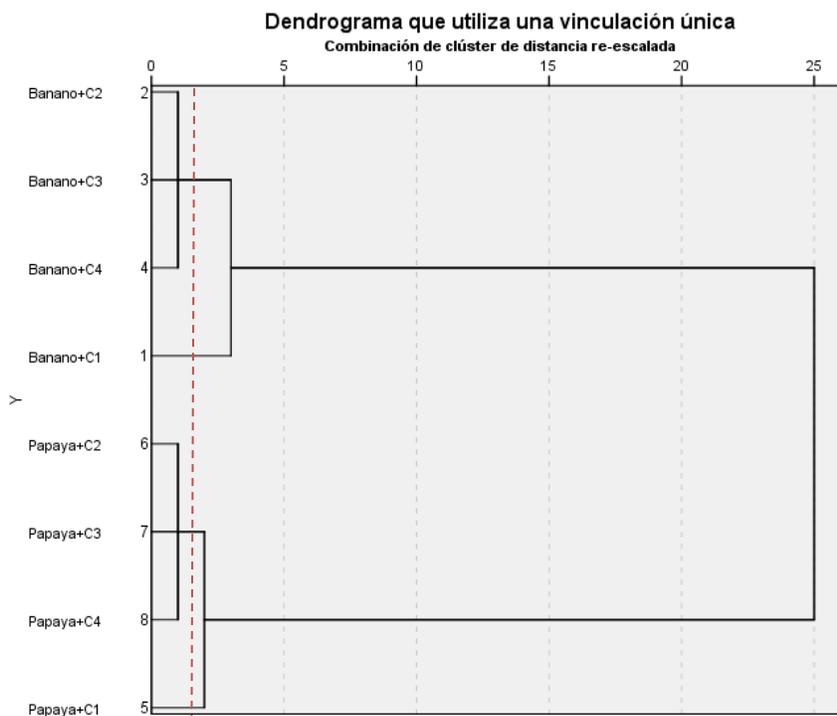
Microorganismo	T1	T2	T3	T4
Aerobios (UFC/mL)	0	0	$2,2 \times 10^9$	$5,8 \times 10^{10}$
Mohos (UFC/mL)	0	2×10^8	1×10^8	3×10^8
Levaduras (UFC/mL)	0	1×10^8	4×10^8	4×10^8

La tabla 60 muestra los resultados obtenidos a los días de almacenamiento del fruto de papaya, se observa una mayor carga bacteriana y fúngica en el fruto control (T4) con respecto a los frutos tratados con SLC (T1, T2 y T3). Por otro lado, el T1 mostró un nulo crecimiento tanto de bacterias como de hongos y levaduras.

Resultados de análisis de conglomerados en banano y papaya

Figura 32.

Dendrograma para los factores de estudio en banano y papaya



Nota: Los valores (1, 2, 3, 4) corresponden a los tratamientos aplicados en banano; y los valores (5, 6, 7, 8) corresponden a los tratamientos en papaya; C1: 4×10^3 UA/mL de SLC; C2: 8×10^3 UA/mL de SLC; C3: 16×10^3 UA/mL de SLC; C4: Control sin SLC.

En la figura 32 se observa la formación de conglomerados por el método jerárquico aglomerativo, al analizar las variables evaluadas (Acidez titulable, pH, sólidos solubles y pérdida de peso) en frutos de papaya y banano. En la línea de corte en 5, se identificó la formación de dos clusters principales G1(2,3,4 y 1) y G2 (6, 7, 8 y 5), observándose una similitud más lejana entre los tratamientos aplicados en banano con los tratamientos aplicados en papaya. En una línea de corte menor (línea roja), se identificó cuatro clusters G1 (2,3 y 4), G2 (1), G3(6, 7 y 8) y G4 (5),

Identificándose estrecha similitud en G1 (Banano+8×10³UA/mL SLC; Banano+16×10³UA/mL SLC; Banano+sin SLC) y G3 (Papaya+8×10³UA/mL SLC; Papaya +16×10³UA/mL SLC; Papaya +sin SLC).

Análisis de componentes principales en banano

Tabla 61.

Matriz de correlaciones de componentes principales en banano

		Acidez día 10	Acidez día 5	Acidez día 0	SST día10	SST día 5	SST Día 0	pH día10	pH día 5	pH día10	PP día10
Correlación	Acidez día10	1	0,720	0,378	0,737	0,706	0,014	-0,926	-0,738	0,263	0,640
	Acidez día5	0,720	1	0,345	0,610	0,918	0,029	-0,608	-0,901	0,148	0,822
	Acidez día0	0,378	0,345	1	0,081	0,217	0,400	-0,410	-0,239	0,432	0,044
	SST día10	0,737	0,610	0,081	1	0,660	-0,001	-0,707	-0,665	-0,361	0,739
	SST día5	0,706	0,918	0,217	0,660	1	-0,010	-0,709	-0,979	0,106	0,849
	SST día0	0,014	0,029	0,400	-0,001	-0,010	1	-0,146	0,087	0,135	0,276
	pH día10	-0,926	-0,608	-0,410	-0,707	-0,709	-0,146	1	0,741	-0,226	-0,617
	pH día5	-0,738	-0,901	-0,239	-0,665	-0,979	0,087	0,741	1	-0,068	-0,803
	pH día 0	0,263	0,148	0,432	-0,361	0,106	0,135	-0,226	-0,068	1	-0,075
	PP día10	0,640	0,822	0,044	0,739	0,849	0,276	-0,617	-0,803	-0,075	1

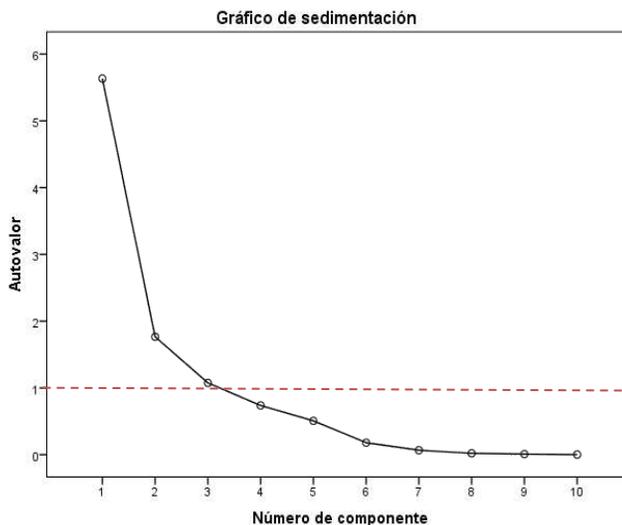
Nota: Acrónimos: PP (pérdida de peso), SST (sólidos solubles totales).

En la tabla 61 se presenta la existencia de una correlación positiva de la acidez a los 10 días con la acidez a los 5 días, sólidos solubles a los 5 y 10 días (0,720, 0,737 y 0,706) y una leve correlación con la pérdida de peso (0,640); la variable acidez del día 5 se correlaciona positivamente con sólidos solubles al día 5 y 10 (0,918 y 0,610); la pérdida de peso al día 10 se correlaciona con la acidez día 5 y los sólidos solubles de los días 5 y 10 (0,822, 0,739 y 0,849). También existió una leve correlación de la acidez con sólidos solubles día 0 y pH día 0 (0,400 y 0,432). Estas correlaciones indican la

relación entre azúcares, acidez y pérdida de peso ocasionado por los cambios bioquímico que se producen durante la maduración del banano.

Figura 33.

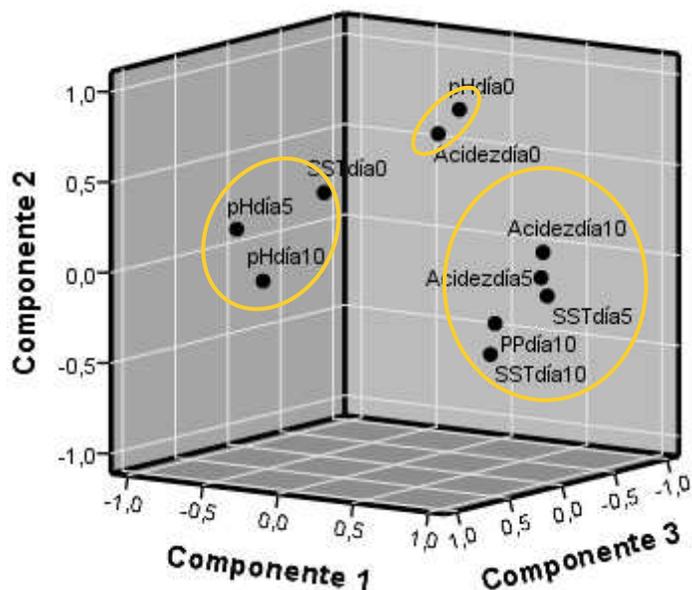
Sedimentación del análisis de componentes principales en banano



Se evaluó un total de 10 variables, en base a las variables con autovalores mayores a 1, visualizadas en la figura 33; se identificó tres componentes principales que tienen mayor porcentaje de explicación de la varianza, las cuales corresponden a las variables: acidez titulable a los 10 días (56,339%), acidez titulable a los 5 días (17,663%) y acidez titulable al día 0 (10,762%) mientras que, a partir de la tercera variable del gráfico, se observan autovalores menores a 1 y no se consideran relevantes en el estudio.

Tabla 62.*Matriz de componentes en banano*

	Componentes		
	1	2	3
Acidez día 10	0,886	0,133	-0,142
Acidez día 5	0,907	0,001	-0,094
Acidez día 0	0,350	0,767	0,088
SST día 10	0,795	-0,387	0,228
STT día 5	0,936	-0,100	-0,112
SST día 0	0,101	0,522	0,816
pH día 10	-0,865	-0,180	0,018
pH día 5	-0,935	0,121	0,168
pH día 0	0,116	0,800	-0,447
PP día 10	0,866	-0,201	0,285

Figura 34.*Gráfico del análisis de componentes principales en banano*

En la tabla 62 se puede observar las agrupaciones de las variables en tres componentes. La figura 34 muestra la composición de las componentes, el primer componente está conformado por las variables acidez día 5, acidez día 10, SST día 5, SST día 10 y pérdida de peso día 10; todas estas variables convergen en una única

componente puesto que constituyen un grupo diferente de la matriz de correlación. El segundo componente se constituye de las variables de acidez día 0 y pH en día 0. Con respecto al componente 3 recoge las variables de sólidos solubles día 0 y menor correlación con pH día 10 y pH día 5.

Análisis de componentes principales en papaya

Tabla 63.

Matriz de correlaciones de variables medidas en los frutos de papaya

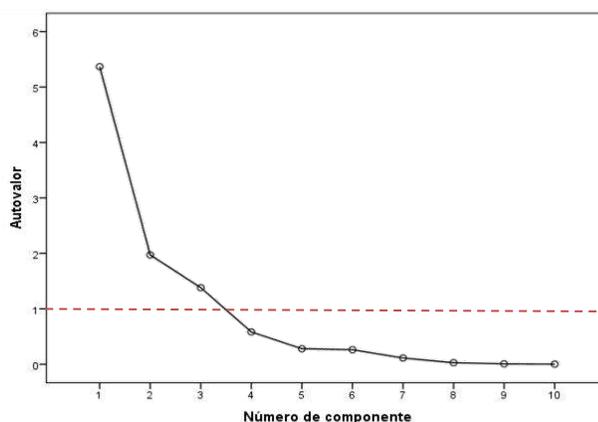
		PP día10	SST día10	SST día 5	SST día 0	Acidez día10	Acidez día 5	Acidez día0	pH día10	pH día 5	pH día10
Correlación	PP día 10	1	0,880	0,647	0,247	-0,693	-0,880	0,035	0,585	0,634	-0,448
	SST día 10	0,880	1	0,761	0,009	-0,868	-0,922	0,267	0,778	0,616	-0,418
	SST día 5	0,647	0,761	1	-0,023	-0,593	-0,896	-0,126	0,484	0,585	-0,135
	SST día0	0,247	0,009	-0,023	1	0,000	-0,029	-0,046	-0,074	0,203	-0,360
	Acidez día10	-0,693	-0,868	-0,593	0,000	1	0,740	-0,507	-0,855	-0,335	0,540
	Acidez día 5	-0,880	-0,922	-0,896	-0,029	0,740	1	0,039	-0,605	-0,657	0,217
	Acidez día0	0,035	0,267	-0,126	-0,046	-0,507	0,039	1	0,699	-0,276	-0,386
	pH día10	0,585	0,778	0,484	-0,074	-0,855	-0,605	0,699	1	0,034	-0,349
	pH día5	0,634	0,616	0,585	0,203	-0,335	-0,657	-0,276	0,034	1	-0,347
	pH día 0	-0,448	-0,418	-0,135	-0,360	0,540	0,217	-0,386	-0,349	-0,347	1

Nota: Acrónimos: PP (pérdida de peso), SST (sólidos solubles totales).

En la tabla 63 se observa una correlación de pérdida de peso día 10 con sólidos solubles (0,880) y una leve correlación con sólidos solubles día 5, pH día 5 y pH día 10 (0,647; 0,585 y 0,634); también, existió correlación de los sólidos solubles al día 5 con pH al día 5 y pH día 10 (0,585 y 0,484), del mismo modo los sólidos solubles al día 10 con pH en los días 5 y 10 (0,616 y 0,778). Además, una leve correlación entre la acidez del día 10 con el pH del día 0 (0,540).

Figura 35.

Sedimentación del análisis de componentes principales en papaya



Se evaluó un total de 10 variables, en base a las variables con autovalores mayores a 1, visualizadas en la figura 35; se identificó tres componentes principales que tienen mayor porcentaje de explicación de la varianza, las cuales corresponden a las variables: pérdida de peso a los 10 días (53,681%), sólidos solubles a los 10 días (19,724%) y sólidos solubles a los 5 días (13,810), mientras que el resto de variables evaluadas forman una caída poco inclinada en el gráfico de sedimentación y presentan autovalores menores a 1.

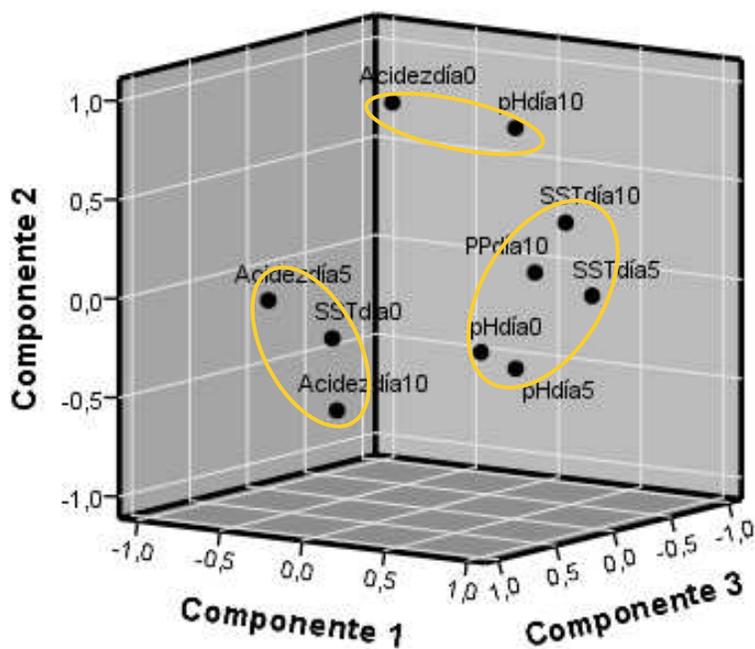
Tabla 64.

Matriz de componentes en papaya

	Componentes		
	1	2	3
PP día 10	0,849	0,213	0,306
SST día 10	0,880	0,437	0,084
SST día 5	0,904	0,041	-0,111
SST día 0	0,004	-0,125	0,857
Acidez día 10	-0,645	-0,695	-,111
Acidez día 5	-0,978	-0,155	0,009
Acidez día 0	-0,180	0,935	0,073
pH día 10	0,467	0,851	-0,070
pH día 5	0,765	-0,274	0,353
pH día 0	-0,202	-0,445	-0,727

Figura 36.

Gráfico del análisis de componentes principales en papaya



La tabla 64 muestra las agrupaciones de las variables en tres componentes. La figura 36 muestra la composición de las componentes, el primer componente estuvo conformado por las variables pérdida de peso día 10, SST día 5, SST día 10, pH día 0 y pH día 5. El segundo componente constituye las variables acidez día 0 y pH en el día 10. El componente 3 estuvo conformada por sólidos solubles día 0 y menor correlación con las variables acidez día 10 y acidez día 5.

CAPÍTULO V

Discusión

Microbiota de los frutos (Factor A)

Con respecto al diámetro de inhibición de la flora bacteriana de los frutos (Banano y Papaya) frente a la SLC, Jahan et al. (2018) manifiesta que en banano y papaya la carga microbiana predominante son las bacterias y hongos hasta 10^7 ufc/g y 10^3 ufc/g, respectivamente. En este trabajo, transcurridas 24 h de cultivo la zona de inhibición en Banano presentó un valor de $8,00 \pm 1,304$ mm, mientras que para la microbiota de la Papaya se obtuvo un menor diámetro de inhibición de $6,44 \pm 0,512$ mm. Varios trabajos informan de la potencial actividad antimicrobiana de la SLC producida por BAL contra patógenos contaminantes en frutos, como *E. coli*, *Pseudomonas spp.*, *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.* Dhundale, 2018) (Ołdak et al., 2019) (Kim et al., 2020). Lo anterior, demuestra la capacidad de las BAL con propiedades probióticas para retrasar o inhibir el crecimiento de bacterias causantes de contaminación en los alimentos.

Concentración de la sustancia bioprotectora (Factor B)

La variable diámetro de inhibición con respecto a las cuatro concentraciones estudiadas de la sustancia bioprotectora obtenidas a partir de BAL, fue mayor para 4×10^3 UA/mL de SLC con 8.06 mm a diferencia de la concentración 32×10^3 UA/mL de SLC que presentó menor diámetro de inhibición 6,13 mm. Vanegas et al. (2017) reporta que los SLC presentan variables actividades antimicrobianas, las cuales se encuentran influenciadas por la microbiota bacteriana de los frutos, informa que a una concentración de 64×10^3 UA/mL de SLC se llega a generar halos de inhibición frente a *L. monocytogenes*, esta capacidad de actividades antimicrobianas es representativa de *L. lactis subsp. lactis*. A su vez se identificó que a 32×10^3 UA/mL de SLC obtenida

de *L. mesenteroides*, aislados de alimentos lácteos como queso o leche, presenta esta actividad inhibitoria frente a *L. monocytogenes*, sin embargo, frente a *S. typhimurium*, su efecto inhibitorio solo se consigue a 2×10^3 UA/mL de SLC.

Interacción A*B

En la interacción Microbiota del fruto*Concentración de SLC, se encontró un mayor diámetro de inhibición para los tratamientos compuestos por la microbiota de banano* 4×10^3 UA/ml de SLC y la Microbiota de banano* 8×10^3 UA/ml de SLC, siendo este valor respectivamente de 8.63 y 9.25 mm; a diferencia del tratamiento microbiota de papaya* 32×10^3 UA/ml de SLC, donde se evidencia una menor zona de inhibición con 5,75 mm.

Lobo, et al. (2009) describe que la microbiota que deteriora a los frutos mínimos procesados se componen principalmente de bacterias, mohos y levaduras. Entre los grupos bacterianos del fruto se encuentran *Staphylococcus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Vibrio spp.* y *Shigella* (Jahan et al., 2018) y *E. coli*, *Salmonella*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.* (Rida & Deeba, 2018). Según Lobo, et al. (2009) la concentración microbiana de la piel de estos frutos depende del cultivo en campo y de la condición climatológica. En el estudio de Dhundale et al (2018) evaluaron la actividad antibacteriana enfrentadas a bacterias patógenas de frutos encontraron fuertes zonas inhibitorias causadas por los metabolitos producidas por *Lactobacillus equigenersi*, *Paenibacillus thailandensis*, *Paenibacillus cineris* y *Bacilo isabeliae* frente a *Pseudomonas*, los halos de inhibición respectivos fueron 15, 13, 10 y 10 mm. Otros estudios, evaluaron el potencial inhibitorio de dos cepas de bacterias ácido lácticas aisladas de la cuajada, identificando que una de las cepas frente a *Staphylococcus aureus* genera una zona inhibitoria de 22 mm (Shaikh & Shah, 2013); mientras que Mendez (2016), reporta valores de inhibición menor para *L. brevis*, *L. plantarum* y *L.*

lactis frente a S. aureus, estos halos corresponden a 9, 9 y 7 mm, siendo estos reportes de Méndez similares a los obtenidos en este estudio.

En este trabajo se evalúa la capacidad inhibitoria de la interacción de distintas concentraciones SLC frente a la microbiota de dos frutos. De acuerdo a Shruthy et al. (2011), el efecto probiótico y la actividad inhibitoria contra bacterias diarreicas son características de bacterias ácido lácticas aisladas de la cuajada, pertenecientes al género *Lactobacillus spp.*; además, las BAL y/o sus metabolitos pueden emplearse como bioconservantes (Linares-Morales et al., 2018).

Sustancia bioprotectora en banano y papaya

Pérdida de peso

La pérdida de peso en los frutos durante el periodo de almacenamiento puede estar relacionada a los procesos metabólicos activos del fruto, que generan pérdida de humedad y sustrato por la respiración de la fruta (Abbasi et al., 2011). En este trabajo, a los 10 días de almacenamiento, los frutos de bananos tratados a concentración de 4×10^3 presentaron un porcentaje de pérdida de peso menor con 12.87% en comparación con los frutos sin tratar con 15.71%. El retardo en la pérdida de peso posiblemente es resultado de los efectos de sustancia libre de células como recubrimiento semipermeable que modifica la atmósfera interna del fruto, reduciendo la tasa de respiración, pérdida de agua y pérdida de peso (Ali et al., 2010).

El porcentaje de pérdida de peso en papayas tratadas con SLC fue menor con un 6.91% en aquellas con concentración de 4×10^3 de SLC a diferencia de los frutos control que presentaron 9,68%. Ali et al. (2014), Narsaiah et al. (2015) indican que las papayas con recubrimientos comestibles pueden sellar parcialmente los poros de la cáscara del fruto formando una barrera semipermeable y crean una atmósfera modificada, limitando el intercambio gaseoso en el fruto. Sin embargo, este parámetro

puede verse afectado por diversos factores externos fuera de la cubierta de SLC alrededor de los frutos, incluyendo la temperatura y humedad relativa (Sucheta et al., 2019).

pH

En esta investigación se observó una disminución del pH al transcurrir el tiempo de conservación de banano, tanto de los frutos evaluados con SLC como de los frutos sin tratar. Estos resultados, difieren de los presentados por (Neeta & Rao, 2011); donde evaluaron 9 tipos de recubrimiento, identificando una tendencia de aumento en los valores de pH durante el almacenamiento del fruto. Sin embargo, se relacionan con los resultados reportados por otros estudios. Se identificó que la pulpa de los frutos control (sin SLC), presenta una rápida disminución de pH, Velásquez & Cardona (2012), en su estudio mencionan que esta disminución durante el periodo poscosecha se da en respuesta al incremento de acidez; en una etapa inicial de madurez verde, el pH debe ser alto, sin embargo, llega a decaer, debido a la disminución de ácidos orgánicos y su conversión en azúcar durante el proceso de maduración del fruto de banano. Esta disminución de pH en el aumento del grado de madurez del fruto es confirmada por Torres et al. (2013), ya que el almidón es degradado en azúcares reductores y convertido en ácido pirúvico.

Se encontró que, a los 10 días de almacenamiento, los frutos recubiertos con mayor concentración de SLC: T1 (SLC: 4×10^3 UA/mL y T2 (SLC: 8×10^3 UA/mL), presentaron un valor de pH (4.77) más alto, resultados similares se observaron en estudios, donde los bananos tratados con 1 y 2% de quitosano tuvieron un pH más alto (Karimi et al., 2018).

La variación de pH a partir de 0 a 10 días de conservación de papaya, presentó valores de entre 3.9 a 6.11, mientras que en el estudio de (Miranda et al., 2014),

evaluaron dos tipos de recubrimientos a base de almidón de yuca, reportan valores de pH de entre 5.1 a 5.6 durante 9 días de almacenamiento. A partir de los 0 a 6 días de conservación del fruto, Castro et al. (2011) reportan valores de entre 4.2 a 5.5. A diferencia del estudio de Erazo et al (2020), que emplean BAL como agentes de conservación de papaya y reportan valores de entre 5.33 a 7.50 de pH durante 14 días.

Con respecto a las papayas tratadas con SLC se observó que presentan un menor pH en comparación con el grupo control sin SLC, siendo el T3 (SLC:16×10³ UA/mL), el que presenta el valor más bajo al transcurrir los 10 días de conservación del fruto. Resultados similares se encontraron en las investigaciones de Erazo Solórzano et al. (2020) y Salazar (2020). Pinto et al. (2006) manifiesta, que el incremento de pH observado en los frutos sin tratamiento; puede deberse al pico climatérico que alcanza el fruto de papaya, intensificando su actividad metabólica y la producción de ácidos; a su vez, Erazo Solórzano et al. (2020) menciona que una reducción metabólica, probablemente se deba a la menor difusión de O₂ provocada en los frutos.

Según (Linares-Morales et al., 2018); la aplicación de ácidos orgánicos como como recubrimiento en frutos, genera una disminución de las poblaciones microbianas en frutos, causando una reducción del pH de los frutos y vegetales.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles en los bananos de control (sin SLC) aumentaron durante el periodo de almacenamiento, mientras que los frutos tratados con SLC presentaron un aumento más lento. El cambio del porcentaje de sólidos solubles se debe a la hidrólisis del almidón a azúcares, como la sacarosa, glucosa y fructosa a medida que la fruta madura (Moreno-Alzate et al., 2016). El catabolismo de los azúcares puede estar influenciados por diversos factores, como las condiciones de maduración, almacenamiento y manejo poscosecha (Bapat et al., 2010). De acuerdo a Silva et al.

(2006) los valores bajos de sólidos solubles se deben al efecto del recubrimiento, que retrasa la maduración del fruto por disminución de la actividad metabólica.

Los sólidos solubles de papaya aumentaron durante los días de almacenamiento, el aumento fue mayor en los frutos sin tratamiento con respecto a las tratadas, como resultado de la conversión de almidón en azúcares más simples. De acuerdo a Narsaiah et al. (2015) este efecto se produce por la maduración natural de los frutos sin recubierta en condiciones de laboratorio (aprox. 24°C). Estos resultados variaron con respecto a los obtenidos por Salazar (2020), quien en su investigación con recubiertas de BAL indica una disminución del porcentaje de sólidos solubles durante el almacenamiento. Sin embargo, este parámetro coincide con los resultados obtenidos en otras investigaciones con recubiertas de almidón y propóleo (Barrera et al., 2012) (Miranda et al., 2014).

Acidez titulable

Los resultados indicaron que todos los tratamientos incluyendo el tratamiento sin recubrimiento con SLC aumentan la acidez titulable (% ácido málico) durante el periodo de conservación de banano, esto difiere con lo expuesto por Li et al., (2019), donde la acidez titulable (ácido málico/100 g) de los recubrimientos tratados con bionanocompuesto, disminuyeron significativamente a los 7 días de conservación. Mientras Karimi (2018) identificó un incremento de ácidos orgánicos durante el almacenamiento de banano, además determinó que los frutos de bananos tratados con recubrimiento en el último día de conservación, presentan tanto valores de acidez como de sólidos solubles más bajos; resultados similares a los observados en el presente estudio, siendo T1 (SLC:4×10³ UA/mL) y T2 (SLC:8×10³ UA/mL) con valores más bajos de acidez titulable, 0.367 y 0.368, respectivamente. Velásquez & Cardona (2012) consideran que el aumento de acidez titulable de la pulpa de banano se da con una

maduración progresiva del fruto, debido a que los ácidos orgánicos predominantes, disminuyen durante este periodo por su conversión en azúcar.

Los tratamientos evaluados presentaron una tendencia a disminuir en la variable acidez titulable (% ácido cítrico); resultados similares se describen en el estudio de Torres et al., (2013), quien detalla la tendencia de estos valores como propiedades físico químicas de la papaya hawaiana. Otros autores difieren de esta tendencia, indicando que los valores de acidez son oscilatorios durante el periodo de maduración del fruto. Castricini (2009) informa que un aumento hasta el sexto día de la aplicación del tratamiento puede estar relacionada a la respiración en la etapa climatérica de este fruto y su grado de madurez. En el presente estudio se determinó que al finalizar el periodo de almacenamiento los frutos tratados con SLC presentan un valor de acidez titulable mayor con respecto a los frutos sin tratamiento, resultados similares se observaron en las investigaciones de Castricini (2009) y Salazar (2020).

Castricini (2009) menciona que un aumento de la actividad enzimática y una reducción de la firmeza, llegan a generar una degradación de pared celular, siendo estos procesos capaces de favorecer aumento de acidez en el periodo final de la conservación de papaya, debido a la liberación de ácidos con las reacciones enzimáticas; un resultado enzimático detallado por la autora, es la degradación de pectina que forma ácido galacturónico. Salazar (2020) detalla resultados similares, estableciendo que la liberación de ácidos orgánicos a partir de reacciones enzimáticas induce a un incremento de acidez.

Vida útil

La vida útil de los frutos de banano evaluados con la SLC mostró una extensión del periodo de almacenamiento, reduciendo este efecto a medida que reduce la concentración de SLC aplicada a los frutos. Los tratamientos con 4×10^3 , 8×10^3 y 16×10^3

UA/ml de SLC promovieron la extensión de la vida útil de los frutos de banano en 14.0, 13.33 y 13 días respectivamente, en contraste con los frutos control (10.67 días). Este retraso en la maduración puede estar relacionado con la reducción de la tasa de ablandamiento, el desarrollo de color amarillo de la piel del fruto y la humedad del fruto (Castellanos et al., 2011) por efecto de la recubierta formada por SLC (Ali et al., 2010).

En los frutos de papaya el periodo de vida útil presentó una relación positiva a una mayor concentración, se presentó una extensión de hasta 4 días más en los frutos de evaluados con SLC con respecto a los frutos del T4 (sin SLC). El tratamiento T1 incremento la vida útil del fruto hasta 12,33 días. Los resultados obtenidos fueron menores a los de Salazar (2020), quién en su trabajo indica que las papayas a los 14 días de conservación presentaron propiedades organolépticas, como el sabor que influye en la aceptabilidad por parte del consumidor.

Calidad microbiológica

Con respecto al crecimiento de aerobios, los bananos tratados con SLC muestran una reducción microbiana en comparación al grupo que no recibió tratamiento con SLC. Respecto a los mohos y levaduras, se observa un efecto bioprotector al recubrir los frutos con 4×10^3 UA/mL de SLC, presentando una ausencia total de microorganismos causantes del deterioro del fruto de banano durante el periodo de almacenamiento, a diferencia de los frutos control, sin tratamiento con SLC que presentaron mayor carga microbiana para aerobios, mohos y levaduras. Los resultados presentados en el estudio son similares a los reportados por Rocha, et al (2011), donde observaron mayor recuento de aerobios en placa y menor recuentos de mohos y levaduras, al recubrir los bananos Cavendish con carragenina en atmósfera controlada durante nueve días de almacenamiento del fruto. Sugiere una mejor

capacidad antimicrobiana al aplicar el recubrimiento por inmersión química en bananos recién cortados.

Los frutos de papaya recubiertas con 4×10^3 UA/mL de SLC, mostraron un efecto protector no solo en la maduración sino también en la reducción de senescencia del fruto, favoreciendo su inocuidad para su consumo con la ausencia del crecimiento de microorganismos causantes del deterioro de la papaya durante el periodo de conservación. Los frutos evaluados a concentraciones menores de SLC (8×10^3 UA/mL de SLC y 16×10^3 UA/mL) mostraron menor carga microbiana (UFC/mL) en comparación a los frutos que no recibieron tratamiento con SLC, que presentaron mayor concentración de aerobios, mohos y levaduras durante el almacenamiento. La reducción o ausencia de microorganismos causantes del deterioro de frutos climatéricos, De Simone et al. (2021) menciona que se debe a la capacidad de las bacterias ácido lácticas de sintetizar diversos metabolitos con efectos antimicrobianos, a su vez sugiere la aplicación de estas sustancias en la industria alimentaria como un recurso sustentable contra el crecimiento de mohos en frutos y vegetales.

CAPÍTULO VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Microbiota de los frutos (Factor A)

Los bioensayos en placa muestran que la actividad antimicrobiana de la SLC depende del patógeno, se presenta un mayor efecto de inhibición del crecimiento de la microbiota de banano con un diámetro inhibitorio de 8,00 mm, en cambio la microbiota de papaya muestra un menor valor (6,44 mm).

En base a los resultados mostrados en el Factor A, se acepta la hipótesis alternativa bajo el argumento de que los microorganismos contaminantes de los frutos influyen en el diámetro de inhibición, y se concluye que el mejor efecto inhibitorio se obtiene al emplear la SLC en la microbiota procedente de banano.

Concentración de la sustancia bioprotectora (Factor B)

La concentración 4×10^3 UA/ml de SLC generó un mayor diámetro de inhibición con 8.06 mm, mientras que 32×10^3 UA/ml de SLC produjo una menor zona de inhibición con 6,13 mm.

En base a los datos obtenidos, se acepta la hipótesis alternativa para el Factor B, y se identifica que la concentración de la sustancia bioprotectora influye en la inhibición de la microbiota causante de contaminación y deterioro de banano y papaya; concluyendo que la concentración menos diluida de SLC (4×10^3 UA/ml), genera una máxima zona inhibitoria frente a la microbiota de los frutos.

Interacción A*B

En la interacción, se concluye que los tratamientos T1 (Microbiota de banano * 4×10^3 UA/ml de SLC) y T2 (Microbiota de banano * 8×10^3 UA/ml) presentaron mejores

efectos inhibitorios con 8.63 mm y 9.25 mm; mientras que el tratamiento T8 (microbiota de papaya* 32×10^3 UA/ml de SLC) presenta menor halo inhibitorio con 5,75 mm. Por lo tanto, se concluye que la SLC en mayor concentración presenta un mejor efecto antimicrobiano frente a los microorganismos causantes del deterioro de los frutos de banano.

Sustancia bioprotectora en banano

Se concluye que la aplicación de SLC influyo en la conservación y calidad de los frutos de banano, la sustancia con mayor concentración T1 (4×10^3 UA/mL) genera mejores características fisicoquímicas, microbiológicas y de peso en los frutos, lo cual permite que las propiedades fisicoquímicas sean óptimas para retrasar la maduración de banano, a los 10 días de almacenamiento se evidencia que los frutos tienen un mayor pH (4.77), menor cantidad de sólidos solubles (21.67 %), menor valor de acidez titulable (0.367%); con respecto a la calidad microbiológica se evidencia una baja carga microbiana (bacterias aerobias) sobre su cobertura y una ausencia total de mohos y levaduras. Y finalmente, la variable vida útil indica que los bananos son aceptables para el consumo hasta los 14 ± 0.577 días.

Con respecto al análisis de componentes principales se observó que las variables que mejor explican la varianza total del estudio en banano son: acidez titulable a los 10 días, 5 días y 0 días. La maduración del banano durante un periodo de almacenamiento de 10 días está relacionada principalmente con la variación de la acidez titulable en los 5 y 10 días, lo cual reduce la actividad metabólica del fruto, evitando su maduración temprana y retardando su deterioro.

En base a los resultados obtenidos por la aplicación de SLC en bananos, en las que se encontró diferencia significativa en todas las variables, se concluye que se

acepta la hipótesis alternativa con el argumento de que la aplicación de SLC sobre los frutos si influye en la conservación y calidad del banano.

Sustancia bioprotectora en papaya

Se concluye que la concentración de 4×10^3 UA/mL (T1) de SLC influye en la conservación de la papaya. Se evidencia que además de retardar la maduración del fruto, logra extender significativamente su vida útil hasta los 12.33 ± 0.577 días, a los 10 días de conservación se observa una menor de pérdida de peso (6.91%), una reducción del valor de pH (5.87), menor porcentaje de sólidos solubles (8,43%) y una mayor acidez titulable (0.047%), considerando la calidad microbiológica se observa una ausencia total de aerobios, mohos y levaduras.

Con respecto al análisis de componentes principales se evidenció que las variables: pérdida de peso al día 10, sólidos solubles tanto al día 10 como al día 5, explican la varianza total del estudio en papaya; además durante el periodo de almacenamiento del fruto, se identificó que la pérdida de peso al día 10 presenta una fuerte correlación con sólidos solubles al día 10 y una leve correlación con sólidos solubles al día 5 y con pH al día 10 y día 5.

En base a los resultados obtenidos de las variables evaluadas y los efectos producidos al aplicar SLC como recubierta en los frutos; se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que la concentración de la sustancia bioprotectora a diferentes concentraciones influye en la conservación y calidad del fruto de papaya.

Recomendaciones

Se recomienda obtener bacterias ácido lácticas productoras de sustancias antimicrobianas a partir de la cuajada y de medios de cultivos enriquecidos para su crecimiento. Además, realizar una caracterización molecular de las bacterias aisladas.

Se recomienda realizar ensayos in vitro de la sustancia bioprotectora producida por BAL sobre la microbiota de banano para analizar a profundidad su efecto inhibitorio. Además, evaluar dicha actividad antimicrobiana en otros frutos climatéricos de importancia económica.

Se recomienda el uso de la solución bioprotectora producida por BAL probióticas en altas concentraciones para lograr inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos de banano y papaya.

Se recomienda aplicar la SLC a la concentración 4×10^3 UA/ml para prolongar el período de vida útil en bananos y papayas. Posterior a su conservación realizar un análisis sensorial para identificar las cualidades organolépticas aceptadas por los consumidores.

CAPÍTULO VII

Bibliografía

- Abbasi, K. S., Anjum, N., Sammi, S., Masud, T., & Sartaj, A. (2011). Effect of Coatings and Packaging Material on the Keeping Quality of Mangoes (*Mangifera indica* L.) Stored at Low Temperature. *Pakistan Journal of Nutrition*. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012062833>
- Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., Sachadyn-Król, M., & Varzakas, T. (2020). Lactic Acid Bacteria as Antibacterial Agents to Extend the Shelf Life of Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: Quality and Safety Aspects. *Microorganisms*, 8(6), 952. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060952>
- Agurto Sáenz, T., & Ramos Gorbeña, J. (2008). Bacterias ácido lácticas: Biopreservantes de los alimentos. *Biotempo*, 8, 54-64. doi:10.31381/biotempo.v8i0.865
- Ali, A., Cheong, C. K., & Zahid, N. (2014). Composite effect of propolis and gum arabic to control postharvest anthracnose and maintain quality of papaya during storage. *Int. J. Agric. Biol*, 1117–1122. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Noosheen-Zahid-4/publication/328576414_Composite_Effect_of_Propolis_and_Gum_Arabic_to_Control_Postharvest_Anthracnose_and_Maintain_Quality_of_Papaya_during_Storage/links/5bd680ffa6fdcc3a8dad71a7/Composite-Effect-of-Pro
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(1), 42-47. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.005>
- Arias, L. (2016). *Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras*. [Tesis grado, Corporación Universitaria Lasallista], Caldas-Antioquia. Obtenido de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1763/1/Tratamientos_termicos_propiedades_frutas_verduras.pdf
- Arreaga, L. (2017). *La producción y exportación de las principales frutas no tradicionales y su importancia en las exportaciones totales del Ecuador, periodo 2012-2016*.

- [Tesis grado, Universidad de Guayaquil], Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23040/1/TESIS%20FINAL.pdf>
- Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador, [. (Mayo de 2021). Más Ecuador en el mundo. (148). Obtenido de https://f4cd675b-3f71-47d5-8daa-725c5f8789e5.usrfiles.com/ugd/f4cd67_c4cc6da3eb34416daf1824fee7364308.pdf
- Balamurugan, R., Chandragunasekaran, A. S., Chellappan, G., Rajaram, K., Ramamoorthi, G., & Ramakrishna, B. S. (2014). Probiotic potential of lactic acid bacteria present in home made curd in southern India. *The Indian Journal of Medical Research*, 345-355. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4248380/>
- Bapat, V. A., Trivedi, P. K., Ghosh, A., Sane, V., Ganapathi, T. R., & Nath, P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28(1), 94-107. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975009001803>
- Barrera Bello, E., Gil Loaiza, M., García Pajón, C., & Durango Restrepo, D. (2012). *Empleo de un recubrimiento formulado con propóleos para el manejo poscosecha de frutos de papaya (carica papaya l. cv. hawaiana)*. doi:<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/41485>
- Barrett, D. M., & Lloyd, B. (2011). Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1), 7-22. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/jsfa.4718>
- Cabo, M. L., Braber, A. F., & Koenraad, P. M. (2002). Apparent Antifungal Activity of Several Lactic Acid Bacteria against *Penicillium discolor* Is Due to Acetic Acid in the Medium. *Journal of Food Protection*, 65(8), 1309-136. Obtenido de <https://doi.org/10.4315/0362-028x-65.8.1309>
- Cachay, L. (2017). *Maduración controlada y color en bananos*. [Tesis Grado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto], Tarapoto, Perú. Obtenido de [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2499/MADURACION%20CONTROLADA%20Y%20COLOR%20EN%20BANANOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y%20Mart%C3%ADn%20del%20Campo%20M.,%20C.%20I.,%20G%C3%B3mez%20H.,%20H.%20E.,%20&%20Alan%C3%ADz%20de%20la%20O.,%20R.%20\(2](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2499/MADURACION%20CONTROLADA%20Y%20COLOR%20EN%20BANANOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y%20Mart%C3%ADn%20del%20Campo%20M.,%20C.%20I.,%20G%C3%B3mez%20H.,%20H.%20E.,%20&%20Alan%C3%ADz%20de%20la%20O.,%20R.%20(2)

- CANILEC. (2011). *El libro blanco de la leche y los productos lácteos*. México: Cámara Nacional de Industriales de la Leche.
- Cartaya Díaz, N., Domínguez Palarea, E., Buena, A., Díaz, P., Manolo, A., Yanes, D., . . . Hernández Hernández, J. (2011). Evaluación de eficacia de productos naturales para el control de la pudrición de corona (crown rot) en plátano. Obtenido de https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt_393_ensayo_postcosecha_platano.pdf
- Castellanos, D. A., Algecira, N. A., & Villota, C. P. (2011). Aspectos relevantes en el almacenamiento de banano en empaques con atmósferas modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(2), 114-134. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81320900002>
- Castricini, A. (2009). *Aplicação de Revestimentos Comestíveis para Conservação de Mamões (Carica papaya L.) 'Golden'*. Obtenido de Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro [Pós-Graduação Em Fitotecnia]: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/tede/555/1/2009%20-%20Ariane%20Castricini.pdf>
- Castro, A., Delane, J., Pimentel, R., & Souza, D. (2011). Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles Study of preservation of papaya (*Carica papaya* L.) associated with the application of edible films. *Revista Venezolana de Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 2(1), 49-60. Obtenido de <http://oaji.net/articles/2017/4924-1495326952.pdf>
- Conabio. (2003). *Carica papaya*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/23-caric1m.pdf
- Corbo, M., Campaniello, D., Speranza, B., Bevilacqua, A., & Sinigaglia, M. (2015). Non-Conventional Tools to Preserve and Prolong the Quality of Minimally-Processed Fruits and Vegetables. *Coatings*, 5(4). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/coatings5040931>
- De Simone, N., Capozzi, V., De Chiara, M., Amodio, M., Brami, S., Colelli, G., . . . Russo, P. (2021). Screening of Lactic Acid Bacteria for the Bio-Control of *Botrytis cinerea* and the Potential of *Lactiplantibacillus plantarum* for Eco-Friendly

- Preservation of Fresh-Cut Kiwifruit. *Microorganisms*, 9(4), 773. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040773>
- Delavenne, E., Ismail, R., Pawtowski, A., Mounier, J., Barbier, G., & Le Bay, G. (2013). Assessment of lactobacilli strains as yogurt bioprotective cultures. (C. Elsevier, Ed.) *Food Control*. Obtenido de Food Control: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-5848ff5f-fc10-3848-afde-6cb10fe8cb46>
- Dhundale, V., Hemke, V., Desai, D., & Dhundale, P. (2018). Evaluation and Exploration of Lactic Acid Bacteria for Preservation and Extending the Shelf Life of Fruit. *International Journal of Fruit Science*, 18(4). doi:<https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1435331>
- El Comercio. (2012). La papaya nacional tiene su espacio en el extranjero. *Revista líderes*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/papaya-nacional-espacio-extranjero.html>
- Erazo Solórzano, C., Salazar Daza, D., Vera Chang, J., & Tuárez García, D. (2021). Application of lactic acid bacteria from cocoa mucilage as a preservative agent for papaya. *Universidad Ciencia y Tecnología*. Obtenido de <https://www.uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/412/815>
- Guimarães, A., Venancio, A., & Abrunhosa, L. (2018). Antifungal effect of organic acids from lactic acid bacteria on *Penicillium nordicum*. *Food Additives & Contaminants*, 35(9), 803-188. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/19440049.2018.1500718>
- Hernández, L., & Vit, P. (2009). El plátano. Un cultivo tradicional con importancia nutricional. *Revista del Colegio de Farmacéuticos del Estado Mérida*, 2, 11-14. Obtenido de http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30260/ff2009_iiplatano.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Jahan, N., Noor, R., & Munshi, S. K. (2019). Microbiological analysis and determination of antimicrobial traits of green banana (*Musa spp.*) and papaya (*Carica papaya*). *Stamford Journal of Microbiology*, 8(1), 41-45. doi:[doi:10.3329/sjm.v8i1.42439](https://doi.org/10.3329/sjm.v8i1.42439)
- Karimi, M., Hosseini, M., & Zahedi, S. M. (2018). The Effect of Postharvest Chitosan Treatment on the Quality Maintenance of Banana (*Musa acuminata* cv. Cavendish) during Cold Storage. *Journal of Crop Production and Processing*, 8(1), 1-14. Obtenido de <https://doi.org/10.29252/jcpp.8.1.1>

- Kim, S. W., Kang, S. I., Shin, D. H., Oh, S. Y., Lee, C. W., Yang, Y., . . . Bang, W. Y. (2020). Potential of Cell-Free Supernatant from *Lactobacillus plantarum* NIBR97, Including Novel Bacteriocins, as a Natural Alternative to Chemical Disinfectants. *Productos farmacéuticos*, 13(10), 266. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/ph13100266>
- Kumar, P., Lee, J.-H., Beyenal, H., & Lee, J. (2020). Fatty Acids as Antibiofilm and Antivirulence Agents. *Trends in Microbiology*, 28(9), 753-768. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.03.014>
- Langa, S., Martín-Cabrejas, I., Montiel, R., Landete, J., Medina, M., & Arqués, J. (2014). Short communication: Combined antimicrobial activity of reuterin and diacetyl against foodborne pathogens. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6116-6121. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214005268>
- Li, J., Sun, Q., Sun, Y., Chen, B., Wu, X., & Le, T. (2019). Improvement of banana postharvest quality using a novel soybean protein isolate/cinnamaldehyde/zinc oxide bionanocomposite coating strategy. *Scientia Horticulturae*, 258. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108786>
- Linares-Morales, J. R., Gutiérrez-Méndez, N., Rivera-Chavira, B. E., Pérez-Vega, S. B., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2018). Procesos de biocontrol en frutas y productos frescos, el uso de bacterias del ácido láctico como opción sostenible. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. doi:DOI: 10.3389 / fsufs.2018.00050
- Lobo, G., Hernández, Y., & Gonzalez, M. (2009). Cambios microbiológicos y sensoriales de frutos frescos cortados de origen tropical: piña, papaya y mango. En *Aspectos Nutricionales y Sensoriales de Vegetales Frescos Cortados* (págs. 154-195). Trillas.
- Maeda, C., & Nelson, S. (2014). Plant Disease Anthracnose of Papaya in Hawai'i. *UH-CTAHR* . Obtenido de <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PD-103.pdf>
- Mendez, M. (2016). *Identificación bioquímica y evaluación de la capacidad bacteriocinogénica de las bacterias ácido lácticas aisladas de quesillos artesanales*. [Tesis Pregrado, Universidad del Azuay], Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5725/1/12045.pdf>
- Ministerio de Comercio Exterior, [. (2017). *Informe sector bananero ecuatoriano*. Quito. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-esp%C3%B1ol-04dic17.pdf>

- Miranda, A. D., Alvis, A., & Arrázola, G. S. (2014). Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (carica papaya) variedad tainung. *Temas agrarios*, 19(1), 7-18. doi:<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4994550.pdf>
- Moreno-Alzate, J. L., Lopez-Lopez, K., & Dufour, D. (2016). Cambios bioquímicos durante la maduración de diferentes variedades de bananos cultivadas en Colombia. CIBB-BA-EO-066. *Agritrop*. Obtenido de <https://agritrop.cirad.fr/582024/>
- Narsaiah, K., Wilson, R. A., Gokul, K., Mandge, H. M., Jha, S. N., Bhadwal, S., . . . R.K. Malik, S. V. (2015). Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 100, 212-218. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.10.003>.
- Neeta, B. G., & Rao, T. R. (2011). Banana Fruit Ripening as Influenced by Edible Coatings. *International Journal of Fruit Science*, 11(2), 119-135. doi:DOI: 10.1080/15538362.2011.578512
- Nobmann, P., Smith, A., Dunne, J., Henehan, G., & Bourke, P. (2009). The antimicrobial efficacy and structure activity relationship of novel carbohydrate fatty acid derivatives against *Listeria* spp. and food spoilage microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, 128(3), 440-445. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.10.008>
- NTE INEN 389. (1985). Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno.
- NTE INEN, 380. (1985). Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico.
- NTE INEN, 381. (1985). Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico de referencia.
- O'Connor, P. M., Ross, R. P., Hill, C., & D, C. P. (2015). Antimicrobial antagonists against food pathogens: a bacteriocin perspective. *Current Opinion in Food Science*, 51-57. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.01.004>
- Oldak, A., Zielińska, D., Łepecka, A., Długosz, E., & Kolożyn-Krajewska, D. (2019). *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated from Polish Regional Cheeses Exhibit Anti-Staphylococcal Activity and Selected Probiotic Properties. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(3), 1025-1038. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09587-w>

- Parra Huertas, R. (2010). Review. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 93-105. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000100012&lng=en&tlng=es
- Pinto, L. K., & et al. (2006). Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. *Food Science and Technology*, 26(4), 744-748. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000400005>
- Quiceno, M., Giraldo, G., & Villamizar, R. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. *UGCiencia*, 48-54. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/268087837.pdf>
- Quigley, L., O'Sullivan, O., Stanton, C., Beresford, T. P., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Cotter, P. D. (2013). The complex microbiota of raw milk. *FEMS microbiology reviews*, 37(5), 664-698. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12030>
- Rida, B., & Deeba, F. (2018). Microbiological Safety Assessment of Fresh Fruits and Vegetables Collected from Main Markets of Multan, Pakistan. *Journal of Bioresource Management*, 5(2). Obtenido de <https://doi.org/10.35691/JBM.8102.0085>
- Rocha, M., Vaz, A. L., Raposo, M., Nieto Almeida, G., & Morais, A. (2011). Preservation of fresh-cut "Cavendish" banana coated with carrageenan and in controlled atmosphere. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 2(2). Obtenido de <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPTI.2011.041038>
- Roman, Y. (2017). *Evaluación sensorial de frutos de papaya (Carica papaya Linnaeus)*. [Tesis Maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco], Guadalajara. Obtenido de <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/376/1/Yvonne%20Roman%20Maldonado.pdf>
- Ruiz, M. (2019). *Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas con actividad inhibitoria de bacterias implicadas en enfermedades transmitidas por alimentos*. [Tesis Doctoral, UNICEN], Argentina. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/103805/CONICET_Digital_Nro.8cef83fa-2860-4649-a04a-afc9e5f8660b_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Sabir, A., Sabir, F. K., & Kara, Z. (2011). Effects of modified atmosphere packing and honey dip treatments on quality maintenance of minimally processed grape cv. Razaki (*V. vinifera* L.) during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 48(3), 312-318. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0237-z>
- Salazar, D. (2020). *Conservación de la papaya (Carica papaya L.) con aplicación de bacterias ácido lácticas provenientes del mucilago de cacao (Theobroma cacao L.)*. [Tesis-Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo], Los Ríos, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5262/1/T-UTEQ%20-0100.pdf>
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Cháfer, M., & Chiralt, A. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. *VII Congreso SEAE Bullas*. Obtenido de https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/5%20P.%20CALIDAD/calidad3.pdf
- Santamaría Basulto, F., Sauri Duch, E., Espadas, F., Díaz Plaza, R., Larqué Saavedra, A., & Santamaría, J. (2009). ostharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. *Interciencia*, 34(8), 583-588. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000800012&lng=es&tlng=en.
- Shaikh, M., & Shah, G. (2013). Determination of probiotic properties of lactic acid bacteria from curd. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 119-122. doi:<https://www.longdom.org/articles/determination-of-probiotic-properties-of-lactic-acid-bacteria-from-curd.pdf>
- Shruthy, V., Pavithra, M., Ghosh, A., & Asit, R. (2011). Probiotic potentials among lactic acid bacteria isolated from curd. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 22. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/281583921_PROBIOTIC_POTENTIAL_S_AMONG_LACTIC_ACID_BACTERIA_ISOLATED_FROM_CURD
- Silva, C., Lima, L. C., Santos, H. S., Camili, E. C., Vieira, C. R., Martin, C., & Vieites, R. L. (2006). Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. *Ciência E Agrotecnologia*, 30(1), 103-111. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/s1413-70542006000100015>

- Soto, M. (2017). *Bananos. Manejo poscosecha y comercialización* (III ed.). San José, Costa Rica: Litografía e Imprenta LIL.
- Sucheta, C. K., Sharma, N., & Yadav, S. K. (2019). Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improves sensory liking of tomatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 284-293. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.132>
- Tello, P. (2014). Proyecto de evaluación de pérdidas físicas en poscosecha de productos agrícolas en etapa de mercadeo y elaboración de estrategias para mejoras del mercado municipal La Carolina. Quito, Pichincha. [Tesis grado, Universidad Central del Ecuador]. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2501/1/T-UCE-0004-73.pdf>
- Titan Biotech Ltd. (s.f.). *LACTOBACILLUS MRS AGAR (MRS AGAR) TM 146*. Obtenido de TMMEDIA: https://www.tmmedia.in/sites/default/files/TM-146_Lactobacillus_Mrs_Agar_TD.pdf
- Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., & Andrade, R. D. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica*, 24(3), 51-56. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/s0718-07642013000300007>
- Velásquez, H. J., & Cardona, L. (2012). Caracterización mecánica y física-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). Obtenido de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace//bitstream/10567/136/1/10.%20163-192.pdf>
- Venegas, M. F., Londoño Zapata, A., Durango Zuleta, M., Gutiérrez Buriticá, M., Ochoa Agudelo, S., & Sépulveda Valencia, J. (2017). Capacidad antimicrobiana de bacterias ácido lácticas autóctonas aisladas de queso doble crema y quesillo colombiano. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15. doi:DOI: 10.18684 / BSAA (15) 45-55
- Wouters, J. T., Ayad, E. H., Hugenholtz, J., & Smit, G. (2002). Microbes from raw milk for fermented dairy products. *International Dairy Journal*, 12, 91-109. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(01\)00151-0](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(01)00151-0)