



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
POSTGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



Efecto del portainjerto, condiciones edafoclimáticas y de almacenamiento sobre la calidad y tiempo de vida útil de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka).

TRABAJO DE GRADO presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela, por el Ingeniero **Oscar David Silgado Vega**, como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Tutores: Guzmán Álvarez, Romel E
García Muñoz, María Cristina

Caracas, enero 2018



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de Estudios
de Postgrado

VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por: **Oscar David Silgado Vega Pasaporte N° AR798260**, bajo el título "Efecto del patrón, condiciones edafoclimáticas y de almacenamiento sobre la calidad y tiempo de vida útil de la lima acida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka)", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM, MENCIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**, dejan constancia de lo siguiente:

Jurado

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 25 de Enero de 2018 a las 08:00 AM., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en el aula 611 mecanización agrícola. Facultad de Agronomía-UCV, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

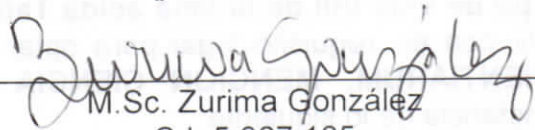
Jurado

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado representa un valioso aporte para el entendimiento del uso de diversos patrones en la mejora de la productividad de la lima acida Tahiti, así como para el estudio de las condiciones de almacenamiento.

Jurado

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 25 días del mes de Enero del año 2018, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del jurado el Dr. Romel Guzmán.

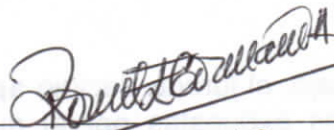


M.Sc. Zurima González
C.I. 5.967.165
Facultad de Ciencias - UCV



Dra. Auri's Damelis García
C.I. 189.984
Facultad de Agronomía-UCV





Dr. Romel Guzmán
C.I. 15.077.336
Facultad de Ciencias - UCV

o.a.s.25/01/18

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
POSTGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Efecto del portainjerto, condiciones edafoclimáticas y de almacenamiento sobre la calidad y tiempo de vida útil de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka).

Tesis de grado

RESUMEN

Entre las variedades de cítricos comercializadas en Colombia, la lima ácida Tahití es una de las variedades que económicamente está tomando importancia. Es una fruta de origen tropical, siendo una especie de mayor precocidad entre los cítricos. La lima a diferencia de los demás cítricos se caracteriza por su color verde intenso en su piel, siendo muy apetecido por el mercado internacional. La aparición de graves enfermedades para el cultivo del fruto, ha propiciado una búsqueda continua de portainjertos que posibiliten mejoras en el cultivo en cuanto a adaptación, estabilidad en el almacenamiento y satisfacción de las preferencias del mercado. Basados en los requisitos del mercado para la comercialización de la lima ácida Tahití a mercados nacionales e internacionales, se evaluó la influencia del portainjerto, las condiciones edafoclimáticas y condiciones de almacenamiento sobre la calidad y vida útil de la lima ácida Tahití proveniente de 6 portainjertos, y tres localidades: Nataima, Lebrija y La Libertad, para identificar las condiciones más adecuadas para la producción y exportación de la lima ácida Tahití las variables de respuesta fueron: peso del fruto, diámetro ecuatorial y polar, color, firmeza, porcentaje de jugo, pH, acidez (AT), sólidos solubles (SST), relación SST/AT. Como resultado se pudo apreciar que la interacción entre la localidad y el portainjerto influyen sobre las características fisicoquímicas, peso, firmeza, porcentaje de jugo, color, sólidos solubles, acidez titulable. Los frutos almacenados a temperatura ambiente a los 15 días, no cumplen la calidad de comercialización, debido a las altas pérdidas peso, aumento de la firmeza, y una alta degradación del color. Se determinó que la limas en condiciones de almacenamiento a temperatura de 10°C, conserva mejor las características de calidad del fruto, obteniendo frutos a los 35 días con calidad de exportación. El uso de empaque generó mejor estabilidad de las limas, en cuanto a pérdida de peso, firmeza, color, porcentaje de jugo, para las tres localidades, siendo el portainjerto Volkameriana el de mejor estabilidad para las localidades de Nataima y La libertad, y Kryder para la localidad de Lebrija.

Palabras Clave: Portainjertos, firmeza, sólidos solubles totales, calidad, lima.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXO	x
RESUMEN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	14
1 Introducción	14
1.1 Objetivos.....	17
1.1.1 Objetivo general.....	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
CAPITULO II.....	18
2 Revisión bibliográfica	18
2.1 Producción mundial	18
2.2 Producción en Colombia.....	19
2.3 Lima ácida Tahití (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka).....	21
2.3.1 Clasificación botánica	21
2.3.2 Descripción botánica	22
2.3.3 Requerimientos edafoclimáticos	29
2.3.3.1 Temperatura	29
2.3.3.2 Precipitación.....	29
2.3.3.3 Humedad relativa.....	30
2.3.3.4 Luminosidad	30
2.3.3.5 Altitud.....	30
2.3.3.6 Vientos.....	30
2.3.3.7 Suelo.....	30
2.3.3.8 pH.....	31
2.3.3.9 Pendiente	31
2.3.3.10 Humus.....	31
2.4 Patrones o portainjertos	31
2.5 Enfermedades poscosecha de la lima ácida Tahití.....	36
2.6 Norma Técnica NTC 4087 para lima ácida Tahití.....	37
2.6.1 Calibre	37
2.6.2 Madurez.....	37
2.6.3 Requisitos mínimos de calidad para la lima ácida Tahití.....	38
2.7 Cosecha.....	39

2.8 Manejo poscosecha de la lima ácida Tahití.....	40
2.9 Industria de jugo de la lima ácida Tahití.....	42
CAPITULO III	44
3 Materiales y métodos	44
3.1 Materiales	44
3.1.1 Materia prima.....	44
3.1.1.1 Lima ácida Tahití	44
3.1.1.2 Empaque.....	47
3.1.1.3 Desinfectante	48
3.1.1.4 Lugar de investigación.....	48
3.2 Plan de muestreo y análisis estadístico	48
3.3 Métodos.....	48
3.3.1 Caracterización fisicoquímica de la lima ácida Tahití durante almacenamiento.....	50
3.3.1.1 Peso (g).....	50
3.3.1.2 Diámetro ecuatorial, Φ_{ec} (mm)	50
3.3.1.3 Diámetro polar Φ_{polar} (mm)	50
3.3.1.4 Color	50
3.3.1.5 Firmeza	51
3.3.1.6 Porcentaje de jugo.....	51
3.3.1.7 Porcentaje de residuo (cáscara y de bagazo)	51
3.3.1.8 Sólidos solubles totales (°Brix).....	52
3.3.1.9 Acidez total	52
3.3.1.10 pH.....	52
CAPITULO IV	53
4 Resultados y discusión	53
4.1 Caracterización de limas injertadas en seis portainjertos diferentes y provenientes de 3 localidades.....	53
4.1.1 Características Físicas.....	53
4.1.1.1 Peso.....	53
4.1.1.2 Diámetro ecuatorial y polar	55
4.1.1.3 Firmeza	56
4.1.1.4 Color (Luminosidad, cromaticidad y hue)	58
4.1.1.5 Porcentaje de jugo (%)	60
4.1.1.6 Porcentaje de residuo (cáscara y bagazo)	62
4.1.2 Características Fisicoquímicas.....	63
4.1.2.1 Sólidos Solubles Totales (SST)	63
4.1.2.2 pH.....	64

4.1.2.3 Acidez titulable (AT)	65
4.1.2.4 Relación sólidos solubles totales / Acidez titulable (SST/AC).....	67
4.1.2.5 Vitamina C	68
4.2 Comportamiento de lima ácida Tahití injertada en seis diferentes portainjertos y proveniente de tres localidades, almacenada a condiciones ambientales	70
4.2.1 Características Físicas.....	70
4.2.1.1 Peso.....	70
4.2.1.2 Diámetros (ecuatorial y polar)	71
4.2.1.3 Firmeza	74
4.2.1.4 Porcentaje de jugo (%)	75
4.2.1.5 Porcentaje de residuo (cáscara y bagazo)	77
4.2.2 Características fisicoquímicas	78
4.2.2.1 Sólidos solubles totales (SST)	78
4.2.2.2 pH.....	79
4.2.2.3 Acidez total (AT)	80
4.2.2.4 Relación sólidos solubles totales / Acidez total (SST/AT)	82
4.3 Comportamiento de lima ácida Tahití injertada en tres diferentes portainjertos y proveniente de tres localidades, almacenadas a diferentes condiciones.	84
4.3.1 Características físicas	84
4.3.1.1 Pérdida de peso (PP).....	84
4.3.1.2 Color (luminosidad, cromaticidad y hue)	88
4.3.1.3 Pesos.....	91
4.3.1.4 Diámetro ecuatorial y polar	95
4.3.1.5 Firmeza	101
4.3.1.6 Porcentaje de jugo (%)	104
4.3.1.7 Porcentaje de residuo (cáscara y bagazo)	109
4.3.2 Características fisicoquímicas	113
4.3.2.1 Sólidos solubles totales (SST)	113
4.3.2.2 pH.....	116
4.3.2.3 Acidez titulable (AT)	119
4.3.2.4 Relación sólidos soluble total/ acidez titulable (SST/AT)	123
5 CONCLUSIÓN	127
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales países productores de limones y limas en el 2013.....	19
Tabla 2. Clasificación botánica de la lima ácida Tahití.....	21
Tabla 3. Valor Nutricional de la lima ácida tahiti, en diferentes tabla de composición de alimentos.....	24
Tabla 4. Contenido nutricional de la lima ácida Tahití.....	25
Tabla 5. Concentración de Flavanonas en jugos Cítricos.	28
Tabla 6. Tolerancia de los portainjertos a diferentes enfermedades en campo. .	33
Tabla 7. Calibre de la lima ácida Tahití (NTC-4087)	37
Tabla 8. Comparación de medias de la variable peso de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).	54
Tabla 9. Comparación de medias del diámetro ecuatorial (DE) de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).	55
Tabla 10. Comparación de medias para el diámetro polar DP, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).	56
Tabla 11. Comparación de medias para la variable firmeza de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).	57
Tabla 12. Comparación de medias para las variables Luminosidad, croma y °Hue de las limas en el flavedo de la lima ácida Tahití en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).....	59
Tabla 13. Comparación de medias para la variable porcentaje de jugo de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).....	61
Tabla 14. Comparación de medias para el porcentaje de residuo de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).....	63
Tabla 15. Comparación de medias para la variable sólidos solubles totales, SST (°Brix) de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).	64
Tabla 16. Comparación de medias para la variable pH de las limas, entre las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).....	65
Tabla 17. Comparación de medias para la variable acidez titulable (AT) de las limas en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).	66

Tabla 18. Comparación de medias para la variable relación sólidos solubles totales /acidez titulable (SST/AT) de las limas, entre las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).	68
Tabla 19. Contenidos de vitamina C, presenten en la lima injertada en seis portainjertos: Carrizo, Citrumelo, Cleopatra, Kryder, Sunki*English y Volkameriano, procedentes de las localidades de Nataima, Lebrija y La Libertad.	69
Tabla 20. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable pérdida de peso de las limas, localidad Nataima.	85
Tabla 21. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable pérdida de peso de las limas, localidad Lebrija.	86
Tabla 22. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable pérdida de peso de las limas, localidad la libertad.	87
Tabla 23. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para las variables Luminosidad (L*), Croma (C*), Hue (h*) de las limas, localidad de Nataima.	89
Tabla 24. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para las variables Luminosidad (L*), Croma (C*), Hue (h*) de las limas, localidad de Lebrija.	90
Tabla 25. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para las variables Luminosidad (L*), Croma (C*), Hue (h*) de la limas, localidad la Libertad.	91
Tabla 26. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable peso de las limas, localidad Nataima.	92
Tabla 27. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable peso de las limas, localidad Lebrija.	93
Tabla 28. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable peso de las limas, localidad la Libertad.	95
Tabla 29. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para las variables diámetro ecuatorial y polar de las limas, localidad Nataima.	96
Tabla 30. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para las variables diámetro ecuatorial y polar de las limas, localidad Lebrija.	98

Tabla 31. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para las variables diámetro ecuatorial y polar de las limas, localidad la Libertad.....	100
Tabla 32. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable firmeza de las limas, localidad Nataima.....	101
Tabla 33. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable firmeza de las limas, localidad Lebrija.	102
Tabla 34. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable firmeza de las limas, localidad la Libertad.....	104
Tabla 35. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable contenido de jugo de la limas, localidad Nataima.	106
Tabla 36. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable contenido de jugo de las limas, localidad Lebrija.	107
Tabla 37. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable contenido de jugo de las limas, localidad la Libertad.	109
Tabla 38. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable porcentaje de residuo de las limas, localidad Nataima.	110
Tabla 39. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable porcentaje de residuo de las limas, localidad Lebrija.	111
Tabla 40. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable porcentaje de residuo de las limas, localidad la libertad.....	112
Tabla 41. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable Sólidos soluble totales de las limas, localidad Nataima.	113
Tabla 42. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable sólidos soluble totales de las limas, localidad Lebrija.	114
Tabla 43. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable Sólidos soluble totales de las limas, localidad la Libertad.	116
Tabla 44. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable pH de las limas, localidad Nataima.....	117
Tabla 45. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable pH de las limas, localidad Lebrija.	118

Tabla 46. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable pH de las limas, localidad la Libertad.....	119
Tabla 47. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable acidez titulable de las limas, localidad Nataima.	120
Tabla 48. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable acidez titulable de las limas, localidad Lebrija.	121
Tabla 49. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable acidez titulable de las limas, localidad la Libertad.	122
Tabla 50. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable relación SST/AT de las limas, localidad Nataima.	124
Tabla 51. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable relación SST/AT de las limas, localidad Lebrija.	125
Tabla 52. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamiento para la variable relación SST/AT de las limas, localidad la libertad.	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción de limón (común, pajarito, mandarino y Tahití) 2014.....	20
Figura 2. Corte transversal de la lima ácida Tahití	23
Figura 3. Propiedades de la lima ácida Tahití	29
Figura 5. Los cambios de color con los diferentes estados de madurez de la lima ácida Tahití (NTC 4087).....	38
Figura 6. Etapas del procesamiento poscosecha de la lima ácida Tahití, para consumo en fresco.	41
Figura 4. Esquema de transformación y usos de los cítricos	43
Figura 7. Cultivo de lima ácida Tahití ubicado en la finca La Bodega, Municipio de Lebrija, Departamento de Santander.....	44
Figura 8. Cultivo de lima ácida Tahití ubicado en el C.I. Nataima, Municipio del Espinal, Departamento del Tolima.....	45
Figura 9. Cultivo de lima ácida Tahití ubicado en el C.I. La Libertad, municipio de Villavicencio, departamento del Meta.	46
Figura 10. Árboles de lima ácida Tahití y sus diferentes portainjertos (Carrizo, Citrumelo, Cleopatra, Kryder, Sunki*English y Volkameriana.).....	47
Figura 11. Cambio de peso durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.	71
Figura 12. Cambio de diámetro ecuatorial durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.....	72
Figura 13. Cambio de diámetro polar durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.....	74
Figura 14. Cambio de la firmeza durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.	75

Figura 15. Cambio de contenido de jugo durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.....	76
Figura 16. Cambio del porcentaje de residuo (cáscara y bagazo) durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y La Libertad.	78
Figura 17. Cambio en el contenido de sólidos solubles (SST) durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y La Libertad.	79
Figura 18. Cambio del pH durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y La Libertad.....	80
Figura 19. Cambio de acidez total durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y La Libertad.....	82
Figura 20. Cambio de acidez total durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y La Libertad.....	83

LISTA DE ANEXO

Anexo A. Comportamiento de la lima ácida Tahití en las diferentes condiciones de almacenamiento, proveniente de La Libertad e injertada en Citrumelo.	140
Anexo B. Comportamiento de la lima ácida Tahití en las diferentes condiciones de almacenamiento, proveniente de La Libertad e injertada en Kryder.	141
Anexo C. Comportamiento de la lima ácida Tahití en las diferentes condiciones de almacenamiento, proveniente de La Libertad e injertada en Volkameriana.	142

Agradecimientos

Este trabajo de tesis realizado en la estación experimental Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA en alianza con la Universidad Central de Venezuela es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas opinando, corrigiendo, guardando paciencia, dando ánimo y acompañando en momentos de dificultades y felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar al máximo la competencia y la experiencia de muchas personas a las cuales deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar, a mi tutor, Dr. Romel Guzmán, por haberme acogido en una gran institución como lo es UCV, brindándome su ayuda, su valioso conocimiento y experiencias durante mi proceso de tesis y en especial mi formación como profesional.

Agradezco inmensamente a mi Co-director de tesis, Dr. María Cristina García por haber puesto su confianza en mí y darme su guía durante todo el desarrollo de este trabajo, quien, con su paciencia, su apoyo moral y ayuda constante hicieron de este proceso una fuente de motivación para seguir hasta el final de mi camino de tesis.

Doy un especial agradecimiento a la colaboración de mis compañeros de trabajo Blanca Botina, Pablo Morales, quienes con su apoyo incondicional le dieron mayor fluidez al desarrollo de esta tesis.

Dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padres Oscar y Rosmira.

Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi esposa Ángela.

Por todo el amor y apoyo que me brindas cada día de mi vida, te amo mujer con todo mi corazón.

A mi hijo Ángel

Que llegaste a cambiarme la vida, y hacerme sentir este gran amor de padre. Te amo hijo.

A mis hermanos

Martin y Yohelis, que Justos luchamos para cambiar nuestras vidas.

A mis sobrinos

Roselin, Andrés, Martin y Nicole, que llegaron alegre a la familia, los amos.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
POSTGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Efecto del portainjerto, condiciones edafoclimáticas y de almacenamiento sobre la calidad y tiempo de vida útil de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka).

Tesis de grado

RESUMEN

Entre las variedades de cítricos comercializadas en Colombia, la lima ácida Tahití es una de las variedades que económicamente está tomando importancia. Es una fruta de origen tropical, siendo una especie de mayor precocidad entre los cítricos. La lima a diferencia de los demás cítricos se caracteriza por su color verde intenso en su piel, siendo muy apetecido por el mercado internacional. La aparición de graves enfermedades para el cultivo del fruto, ha propiciado una búsqueda continua de portainjertos que posibiliten mejoras en el cultivo en cuanto a adaptación, estabilidad en el almacenamiento y satisfacción de las preferencias del mercado. Basados en los requisitos del mercado para la comercialización de la lima ácida Tahití a mercados nacionales e internacionales, se evaluó la influencia del portainjerto, las condiciones edafoclimáticas y condiciones de almacenamiento sobre la calidad y vida útil de la lima ácida Tahití proveniente de 6 portainjertos, y tres localidades: Nataima, Lebrija y La Libertad, para identificar las condiciones más adecuadas para la producción y exportación de la lima ácida Tahití las variables de respuesta fueron: peso del fruto, diámetro ecuatorial y polar, color, firmeza, porcentaje de jugo, pH, acidez (AT), sólidos solubles (SST), relación SST/AT. Como resultado se pudo apreciar que la interacción entre la localidad y el portainjerto influyen sobre las características fisicoquímicas, peso, firmeza, porcentaje de jugo, color, sólidos solubles, acidez titulable. Los frutos almacenados a temperatura ambiente a los 15 días, no cumplen la calidad de comercialización, debido a las altas pérdidas peso, aumento de la firmeza, y una alta degradación del color. Se determinó que la limas en condiciones de almacenamiento a temperatura de 10°C, conserva mejor las características de calidad del fruto, obteniendo frutos a los 35 días con calidad de exportación. El uso de empaque generó mejor estabilidad de las limas, en cuanto a pérdida de peso, firmeza, color, porcentaje de jugo, para las tres localidades, siendo el portainjerto Volkameriana el de mejor estabilidad para las localidades de Nataima y La libertad, y Kryder para la localidad de Lebrija.

Palabras Clave: Portainjertos, firmeza, sólidos solubles totales, calidad, lima.

CAPÍTULO I

1 Introducción

Entre las variedades de cítricos comercializadas en Colombia, la lima ácida Tahití es uno de las variedades que económicamente está tomando importancia. Es una fruta de origen tropical, siendo una de las especies de mayor precocidad entre los cítricos pues mientras en promedio un cítrico se demora entre 4 y 5 años para alcanzar una producción significativa, la lima toma cerca de tres años. Desde el punto de vista nutricional posee un alto contenido de vitaminas (especialmente la vitamina C, la cual se halla en la pulpa y zumo), azúcares y sales, razón por la cual se le atribuyen una extraordinaria acción terapéutica, preventiva y curativa (Brackmann *et al.*, 2012; Bremer *et al.*, 2013). Por otra parte, tiene peculiaridades en cuanto a la comercialización, en comparación con otras frutas cítricas, pues en el caso de la lima se pueden identificar mercados con requerimientos diferentes. El mercado europeo el cual prefiere lima de color verde intenso y piel rugosa (Lye *et al.*, 2003); mientras el mercado nacional busca frutas con mayor contenido de jugo sin darle mayor importancia a sus características externas (Hernández *et al.*, 2014). En puntos intermedios se encuentra el mercado de los Estados Unidos y el Caribe el cual acepta frutos que presenten bajo porcentaje de coloración amarilla en su piel.

El año 2014, Colombia registró una producción de 360.836 toneladas de limón y de estas 35.495 toneladas fue de lima ácida Tahití, siendo el departamento de Santander el de mayor producción con 21.495 toneladas, seguido de Antioquia, Tolima y Risaralda (DANE, 2014), convirtiendo a este cítrico en una gran oferta de exportación de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2014), ya que se cuenta con condiciones climáticas favorables para su producción, además de una oferta constante a lo largo del año en las diferentes regiones (MADR, 2014). Sin embargo, los mercados externos son muy exigentes en cuanto a la calidad del fruto, especialmente en las características de la cáscara, la cual no debe

presentar ninguna lesión y su color debe ser verde intenso ya que su destino es principalmente el consumo en fresco.

Actualmente los productores nacionales proyectan aumentar la oferta hacia los mercados internacionales en especial los Estados Unidos y Canadá, debido a los precios favorable, logística de envío, y el tratados de libre comercio que permiten el acceso sin arancel y la posibilidad de proveer lima ácida Tahití durante los primeros cuatro meses del año, cuando baja la oferta mexicana (Colprensa, 2015); sumado a coyunturas presentadas con la merma de la producción en México debido a factores climáticos (Mulderij, 2016).

La aparición de enfermedades para el cultivo de lima ácida Tahití ha propiciado una búsqueda continua de portainjertos que posibiliten mejoras en el cultivo en cuanto a adaptación, estabilidad en el almacenamiento y satisfacción de las preferencias del mercado. En este sentido, el uso de portainjertos en cítricos ha contribuido en gran parte al incremento del rendimiento y calidad de los frutos; y a la adaptación de estos a condiciones edafoclimáticas adversas.

En Colombia los portainjertos más utilizados en lima ácida Tahití son el Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasquale) y el Cítrumelo CPB 4475. Estos han sido usados en diversas regiones productoras del país mostrando buenos resultados en rendimiento, calidad y precocidad de la fruta para mercado interno, pero tamaño deficiente. Además, no han sido evaluados frente a otro portainjertos para determinar su comportamiento en cuanto a producción, longevidad, calidad de fruto para exportación, no se conoce la interacción entre las condiciones edafoclimáticas, en especial la influencia de la temperatura sobre las características de calidad y vida útil de la fruta. Teniendo en cuenta que la lima ácida Tahití es el único fruto cítrico en el cual el trópico posee ventajas comparativas en el mercado mundial de cítricos, resulta crucial determinar cómo las condiciones ambientales inciden en la calidad del fruto, para favorecer su vinculación al mercado internacional.

Basados en los requisitos del mercado para la comercialización de la lima ácida Tahití a mercados nacionales e internacionales el presente estudio se enfoca en la

evaluación de la influencia del portainjerto, las condiciones edafoclimáticas y condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la lima ácida Tahití, para identificar las condiciones más adecuadas para la producción y exportación de la lima ácida Tahití.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del portainjerto, las condiciones edafoclimáticas y las condiciones de almacenamiento sobre la calidad y tiempo de vida útil de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka).

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el efecto de la localidad y el portainjerto sobre las características de calidad de lima ácida Tahití.
- ✓ Seleccionar los portainjertos que presenten mayores ventajas en cuanto a calidad fisicoquímica y mecánica de los frutos.
- ✓ Evaluar el tiempo de vida útil de los frutos seleccionados sometidos a diferentes condiciones de almacenamiento.

CAPITULO II

2 Revisión bibliográfica

2.1 Producción mundial

Según la FAOSTAT, (2013) para ese año se cultivaron 1.018.066 millones de hectáreas de limones y limas en todo el mundo (Tabla 1). Los países asiáticos representaron el 48,2% del área total cultivada en el mundo con 490.332 mil hectáreas (48.2%), seguido de América con 358.713 mil ha (35.2%). En África, Europa y Oceanía, se cultiva en 92.046 ha (9.0%), 74.410 (7.3%) y 2.525 mil de hectáreas (0.3%) respectivamente.

Asia en general para el 2013 mantuvo un rendimiento promedio de 20.6 t/ha, donde se destacaron los países Líbano y Turquía con un rendimiento promedio de 28.3 y 26.5 t/ha, respectivamente. Sin embargo, India que a pesar de mantener un rendimiento promedio de 9.9 t/ha, es el mayor productor país a nivel mundial contribuyendo con el 16.4 % de la producción mundial.

Los rendimientos en América y África fueron de 17.8 y 14.6 t/ha, respectivamente encontrándose el continente americano por encima de la media mundial (15.5 t/ha). Los rendimientos promedio de Europa y Oceanía son muy similares y cercanos a la media mundial de 15.1 y 15.5 t/ha, respectivamente (FAOSTAT, 2013).

En el mundo la producción total de limones y limas fue de 15.420.482 toneladas, en donde Asia, América, África, Europa y Oceanía contribuyeron con 6.52 (42.3%), 6.39 (41.4%), 1.35 (8.7%), 1.12 (7.3%) y 0.04 (0.3%) millones de toneladas, respectivamente, durante el año 2013 (Tabla 1).

Los cultivos de limones se encuentran en un momento de gran crecimiento y su producción está dirigida principalmente al consumo fresco con una participación del 95 %, y con menor participación las industrias procesadoras de jugo (5%), que en algunos casos solo se limitan a la obtención de jugo sin aprovechar el subproducto

que son fuente de aceites esenciales, pectinas, ácido cítrico y cascara deshidratada. (DANE, 2015).

Tabla 1. Principales Países productores de limones y limas en el 2013.

Región	País	Producción (miles de ton)	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (ton/ha)
América	México	2138,7	151,8	14,1
	Argentina	1301,9	48,7	26,7
	Brasil	1169,4	45,7	25,6
	USA	827,4	22,3	37,2
	Perú	239	25,1	9,5
	Chile	155,8	7,1	22
	Colombia	119,5	8,9	13,5
	Venezuela	60,7	5,3	11,4
África	Egipto	280,6	11,2	25
	Sudáfrica	248,9	13,2	18,8
	Sudán	242,4	17	14,3
	Sudán del Sur	229	16,1	14,2
Europa	España	715,3	38,4	18,6
	Italia	336,2	26,6	12,6
	Grecia	49,7	7,2	6,9
	Portugal	14	0,9	15,7
Asia	India	2523,5	255,2	9,9
	China	1914,9	87	22
	Turquía	726,3	27,4	26,5
	Irán	584,6	35,9	16,3
	Líbano	78,4	2,8	28,3

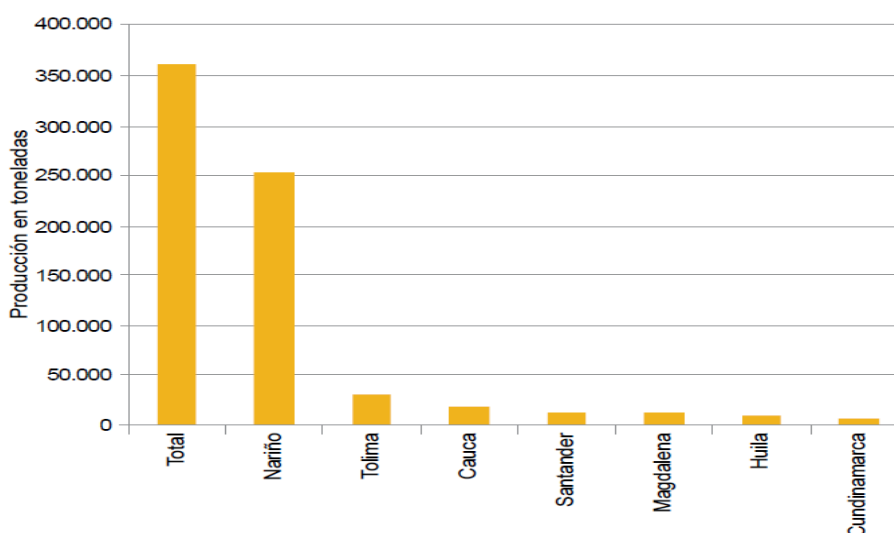
Fuente: FAOSTAT, (2013).

2.2 Producción en Colombia

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2015), durante el año 2014 en Colombia se obtuvo una producción de 360.836 toneladas de limón (común,

pajarito o de Castilla y Tahiti), con rendimientos promedios de 16 toneladas por hectárea al año. El departamento de Nariño es el principal productor con 254.404 toneladas que corresponden al 70,5 % de la producción total, seguido por los departamentos de Tolima, Cauca y Santander. Es de anotar que Nariño presenta rendimientos de 22 toneladas por hectárea al año, superando el promedio nacional (Figura 1).

Figura 1. Producción de limón (común, pajarito, mandarino y Tahiti) 2014.



Fuente: DANE, (2014).

Según el anuario estadístico del sector agropecuario del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR (2014), durante el año 2013 se obtuvo una producción total de 35.495 toneladas de lima o limón Tahití, siendo el departamento de Santander el de mayor producción con 21.740 toneladas, seguido por los departamentos de Antioquia, Tolima y Risaralda. Los mayores rendimientos correspondieron a Antioquia, con 19 toneladas por hectárea de dicha fruta.

2.3 Lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka)

La lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) corresponde a una variedad de la clasificación de las limas ácidas siendo el resultado de la combinación de dos especies de cítricos: la lima mexicana (*Citrus aurantifolia*) y la cidra (*Citrus medica linn*) (Malo *et al.*, 2012). Aparentemente, esta variedad se originó de plantíos de frutas provenientes de Tahití, en Oceanía de ahí su nombre y se ha distribuido en regiones tropicales y subtropicales, siendo los principales países productores: México, Brasil, España y Argentina (UTEPI, 2006 y González, 2011).

La lima ácida Tahití, se conoce comúnmente como, limón Tahití o limón persa en Estados Unidos y Sudamérica; en México, limón sin semilla o lima Bearss (nombrada así en honor de John T. Bearss), quien desarrolló esta variedad sin semillas hacia 1895 en un vivero de Porterville, California (Malo *et al.*, 2012).

2.3.1 Clasificación botánica

La clasificación botánica del limón Tahití se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación botánica de la lima ácida Tahití

Nombre Científico	<i>Citrus latifolia</i> Tan.
Género	Citrus
Especie	Latifolia
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Arquiclamídeas
Orden	Geraniales
Suborden	Geraniinea
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Aurantioideas

Fuente: Cañizares *et al.* (2005).

2.3.2 Descripción botánica

Se trata de árboles vigorosos, que crecen hasta una altura de 6 a 7 metros. Se prefiere mantener árboles pequeños mediante podas de formación, tiene un tronco corto y varias ramificaciones que se extienden en distintas direcciones, varias de ellas tienden a la base del árbol. Sus ramas están dotadas de pequeñas espinas y forman una copa frondosa y redondeada (Malo *et al.*, 2012; Orduz, *et al.*, 2009; Agustí, 2003). El árbol de lima ácida Tahití tiene la particularidad de no presentar periodos de inactividad vegetativa; sin embargo, a temperaturas bajas reduce su crecimiento, favoreciendo su productividad (Jasso *et al.*, 2011).

Este árbol se diferencia de los demás limoneros por alcanzar mayores alturas, mantener su follaje y producir frutos de mayor diámetro (Orduz *et al.*, 2009).

Las hojas son de color verde, de forma elíptica y lanceolada, alargadas, el limbo de las hojas varía de 7,6 a 12,7 cm. de largo y de 4,5 a 6,4 cm de ancho (Cañizares *et al.*, 2005). Se encuentran de forma alternada en las ramas y se mantienen en ellas por tiempo aproximado de 3 años (Malo *et al.*, 2012).

La flor de la lima ácida Tahití se mantiene durante aproximadamente 1 año de manera uniforme. El crecimiento vegetativo puede verse afectada por las condiciones climáticas (frio o seco) por lo cual la floración ocurre mayormente al final de la temporada. La yema floral, es pequeña, ovalada y de color blanco con tintes violeta; a partir de ella se desarrolla la flor alcanzando un tamaño de 2,5 cm. Las flores se ubican de manera solitaria o en conjunto y su corola está formada por 5 pétalos libres que despiden un aroma característico intenso (Malo *et al.*, 2012).

El tamaño del fruto oscila de 5 a 7 cm de diámetro, de 76 g de masa media, su forma es ovoide y uno de sus extremos se reduce ligeramente hasta terminar en un pequeño abultamiento (Malo *et al.*, 2012; Orduz *et al.*, 2009).

El fruto no tiene semillas en su interior, por la esterilidad de su polen y su crecimiento se da naturalmente en la planta, por acción de hormonas internas (Orduz *et al.*, 2009). La morfología del fruto es particular de los cítricos, presenta un flavedo liso y

de color verde oscuro, de 2 mm de espesor; a medida que avanza al estado de madurez su tonalidad cambia a amarilla y su espesor se reduce. El área del albedo es blanca, blanda y gruesa; y la región interna está dividida en pequeñas secciones donde se almacena el jugo (Malo *et al.*, 2012).

El fruto consta de las siguientes partes: flavedo, albedo, endocarpio (gajo), septos y columela. (Figura 2)



Figura 2. Corte transversal de la lima ácida Tahití

Fuente: Frédérique, (2014).

La lima ácida Tahití es fuente de vitaminas, azúcares y sales, especialmente la vitamina C, la cual se halla presente desde la corteza, pulpa y el zumo. La riqueza nutricional que posee la lima ácida Tahití se expone en la Tabla 3, Donde podemos observar en diferentes tablas de composición nutricional de alimentos, que la lima es calóricamente baja, y se destaca por su contenido de vitamina C, sin embargo al comparar el aporte vitamina C, respecto a otras frutas como el chontaduro, marañón, granadilla, y naranja que poseen 340, 200, 129, y 92 mg de vitamina C respectivamente, su aporte es bajo (TCAC, 2015; TPAC, 2009)

Tabla 3. Valor Nutricional de la lima ácida tahiti, en diferentes tabla de composición de alimentos.

Tablas	Energía (kcal)	Pro teina	Carbohidrato	Fibra	Lipidos	Vitamina C (mg)
Colombianana, 2015	41	0.3	9.3	0	0.3	50.0
Novartir Medical Nutrition	39	0.3	9.0	0	0.2	50.0
Peruana, 2009	30	0.5	9.7	0	0.2	44.2

Nota: Composición en 100 g de alimentos

Fuente: TCAC, 2015; TPAC, 2009; TCAN, 2005.

No obstante dentro de genero de lima ácidas, la lima ácida Tahití es el fruto que mayor cantidad de ácido ascórbico posee, el cual se ve fortalecido por la presencia de riboflavina que inhibe su pérdida por oxidación.

Las limas ácidas son similares a los limones en estructura anatómica. El jugo de ambas especies tiene alrededor del mismo contenido de ácido cítrico (Swisher y Swisher, 1980). Todo el ácido cítrico del fruto se encuentra en el jugo, el cual también contiene otros compuestos antes mencionados (Tabla 4) (Ting *et al.*, 1971).

El ácido cítrico es utilizado en la industria de alimentos y bebidas como acidulante, ya que este le da buen sabor y propiedades refrescantes a los alimentos, característicos de los cítricos. Además, es utilizado como conservante y estabilizador de PH. Específicamente, este es utilizado en la fabricación de productos tales como; bebidas gaseosas, jugos concentrados, refrescos en polvo, dulces, conservas y otros tipos de bebidas y alimentos y en la industria farmacéutica, se comercializa como tabletas efervescentes o preparados farmacéuticos especialmente jarabes. (Sucroal, 2012).

Tabla 4. Contenido nutricional de la lima ácida Tahití

Componentes	Cantidad /100g de fruto
Potasio	135,0 mg
Vitamina C o ácido ascórbico	52,0 mg
Calcio	16,0 mg
Fósforo	13,0 mg
Sodio	10,0 mg
Glúcidos	9,6 g
Proteínas	0,8 g
Lípidos	0,6 g
Ácido cítrico	4,7 g
Agua	0,9
Calorías	19 kcal

Fuente: Fréderique, (2014).

De forma particular la corteza o flavedo de la lima ácida Tahití, se destaca por la presencia de aceites esenciales, entre los cuales se han registrado:

- Limoneno
- Terpineno
- Pineno
- Sabineno
- Citral

El aceite esencial de los cítricos es ampliamente usado en perfumería cosmética, en las industrias alimentaria y farmacéutica, así como en la fabricación de productos de higiene personal y de limpieza doméstica (Rojas *et al.*, 2009; Fréderique, 2014; Ortuño, 2006; Malo *et al.*, 2012).

El flavedo de la lima ácida tahití contiene muchas glándulas oleíferas de las que se obtienen el aceite esencial, siendo el limoneno el componente de mayor presencia seguido por el terpineno, pineno y/o sabineno (Di Giacomo *et al.*, 2002; Mazariegos, 2008). El limoneno se considerada una de las fuentes más puras del terpeno

monocíclico, compuestos que ha sido ampliamente estudiados en diferentes campos (Lota *et al.*, 2002). En la medicina el limoneno ha sido utilizado por su baja toxicidad, mostrando buenos resultados, y demostrando no ser un riesgo mutagénico, carcinógeno o nefrotóxico a los humanos, sin embargo después de dosificación única y repetida hasta por un año podría presentar toxicidad (Sun, 2007). Por su parte Miller *et al.* (2013), mostraron que el limoneno a corto plazo en pacientes con cáncer de mama en primera etapa, era seguro y bien tolerado, encontrando reducción significativa en el tejido tumoral. Por su parte Zhang *et al.* (2014) evaluaron la combinación de berberina y limoneno, encontrando efectos anticancerígenos.

Existen diferentes tipos de extracción del aceite esencial, sin embargo el método hidrodestilación es el de mayor rendimiento (Juan, 2014). Por otra parte, la calidad del aceite esencial puede ser determinada de acuerdo a la cantidad de compuestos oxigenados (linalol, geraniol, bisabolol, citronelal, etc.) presentes en el aceite (Salem, 2003; Darjazi, 2011). La cantidad de estos compuestos es variable y depende de factores como variedad, tiempo de cosecha, el uso de portainjertos y clima (Darjazi, 2011). Diversos autores han reportado que el uso de portainjertos puede modificar la cantidad de compuestos oxigenados presentes en el aceite esencial (Verzera *et al.*, 2003; Babazadeh *et al.*, 2009; Darjazi 2011). Por otra parte Jongedijk *et al.* (2016) establecen como alternativa la producción microbiana para obtención de limoneno debido a la variabilidad de calidad del limoneno obtenido del desecho de cítricos. Sin embargo el sistema microbiano necesitaría ser mejorado en cuanto a rendimiento, para poder competir en precio con limoneno derivado de plantas.

El albedo, que es la porción esponjosa, blanca y adherente de la cáscara son ricas en hemicelulosa, celulosa, lignina, glúcidos solubles, y en mayor proporción las pectinas.

Las pectinas son uno de los constituyentes principales de la pared celular de frutos y vegetales (Camejo *et al.*, 2006). Se ha reportado que los frutos de los cítricos presentan el más alto contenido de pectina en comparación con otros frutos (Ywassaki y Canniatti, 2011). Por su parte, Mendonça *et al.* (2006) establecieron que

el contenido de pectinas en el albedo fue mayor que los niveles encontrados en flavedo y bagazo en un 43.8 y 17.5 % respectivamente en la misma fruta.

Al deshidratar el resto sólido de la lima ácida Tahití, que sale de las extractoras, se obtiene residuo deshidratado. Este producto es utilizado para la obtención de pectina, que sirve como espesante y texturizante en la industria alimenticia (Corporación PROEXANT). Algunos autores reportan mayor rendimiento de pectinas aplicando método de extracción en seco (Domingo *et al.*, 2010; Raddazt, 2011; Gáleas, 2015; Noguera *et al.*, 2015)

La pulpa de cítricos tiene cerca de 10 segmentos donde contiene el jugo, las paredes de pulpa están compuestas por celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, azúcares, vitaminas, minerales, flavonoides. Este último conocido también como bioflavonoides, son de actual interés de investigación en el sector científico, especialmente en el área de la medicina, debido a sus propiedades antioxidantes y propiedades de protección contra el cáncer y enfermedades cardíacas (Mejías y Aflallo, 2007). Además también se le atribuye propiedades Anti-alérgicas, Anti-inflamatorias y Anti-microbianas (Bustamante y Isaza, 2015). Asimismo Rojas *et al.*, (2007), determinaron la concentración de naringina, hesperidina, naringenina y hesperetina en los jugos de las variedades cítricas más representativa (tabla 5), encontrando las mayores concentraciones de naringina, hesperidina y naringenina en los jugos de toronja, mandarina y lima Tahití, respectivamente. En ninguno de los jugos analizados se detecta la hesperetina.

Tabla 5. Concentración de Flavanonas en jugos Cítricos.

Jugo	Naringina ($\mu\text{g/mL}$)	Hesperidina ($\mu\text{g/mL}$)	Naringenina ($\mu\text{g/mL}$)	Hesperetina ($\mu\text{g/mL}$)
Toronja Ica Hático	192,17 \pm 5,25	4,44 \pm 0,17	4,97 \pm 0,02	ND
Toronja Star Ruby	179,31 \pm 1,97	3,43 \pm 0,09	2,77 \pm 0,07	
Naranja Valencia Campbell	3,40 \pm 0,09	44,89 \pm 1,38	2,44 \pm 0,10	ND
Naranja Valencia Frost	3,28 \pm 0,14	50,13 \pm 0,58	2,58 \pm 0,09	
Limón Común	5,79 \pm 0,15	59,30 \pm 0,78	7,95 \pm 0,22	ND
Lima ácida Tahití	7,74 \pm 0,18	33,85 \pm 1,23	17,75 \pm 0,47	ND
Mandarina Común	ND	159,71 \pm 1,08	2,36 \pm 0,09	ND
Mandarina Arrayana	ND	122,69 \pm 3,36	2,74 \pm 0,24	ND
Mandarina Clementina	ND	105,78 \pm 3,85	ND	ND
Mandarina Oneco	ND	84,26 \pm 2,50	2,17 \pm 0,10	ND

Promedio \pm Desviación estándar (n=3); ND= No detectable

Fuente: Rojas *et al.*, (2007)

La lima ácida Tahití es una fruta que se puede aprovechar en toda su plenitud, sin embargo la mayor demanda se centra en el consumo en fresco, debido a muchas razones entre las que se tiene el precio, se paga mejor precio por el producto en fresco que para uso industrial, por otra parte, la poca tecnología e infraestructura para el procesamiento de la lima, limita en gran parte el destino final de fruta (Bustamante y Isaza, 2015). Por tanto, es de gran interés comercializar frutas de excelente calidad; para eso se debe garantizar buen manejo tanto en cosecha como especialmente en poscosecha.

En la Figura 6, se sintetizan las propiedades del lima ácida Tahití, con las cuales se fundamenta la acción positiva de este cítrico al ser consumido por el ser humano, es así que Morales (2011), lo califica como una fuente de más de mil beneficios químico-medicinales.



Figura 3. Propiedades de la lima ácida Tahití

Fuente: Frédérique, (2014).

2.3.3 Requerimientos edafoclimáticos

2.3.3.1 Temperatura

Esta variedad de lima presenta buena resistencia a diversos climas, no obstante, el clima cálido, tropical o subtropical es el que favorece su crecimiento. El rango óptimo de temperatura para el desarrollo del cultivo de la mayoría de los cítricos va de los 17 a 28 °C. (Piña *et al.*, 2006; González, 2011).

2.3.3.2 Precipitación

Estos árboles demandan anualmente entre 1000 a 2000 mm de agua para su desarrollo, por lo que en épocas de bajas precipitaciones se utiliza el sistema de riego, a fin de no afectar la producción (Piña *et al.*, 2006). Los periodos más críticos de deficiencia de humedad para los cítricos corresponden a cuando están en crecimiento vegetativo, cuajamiento de frutos y desarrollo de los mismos, ya que

aumenta la caída de los frutos y disminuye la tasa de crecimiento afectando el tamaño final. (González, 2011).

2.3.3.3 Humedad relativa

La alta humedad relativa entre 80 y 90% es favorable para el desarrollo de los cítricos, porque se disminuye la tasa de transpiración y el consumo de agua es menor comparado con las zonas de baja humedad relativa (González, 2011). Además, una alta humedad relativa y alta temperatura determinan la buena calidad de la fruta pero a su vez lo vuelve vulnerable a enfermedades (Escobar, 2008).

2.3.3.4 Luminosidad

La luminosidad es importante para los cultivos, la luz permite realizar una buena fotosíntesis, desarrollo de un buen color y brillo en los frutos, los cítricos requieren de 1,600 a 2,000 horas de luz solar por año (González, 2011).

2.3.3.5 Altitud

Se localiza en regiones de 500 a 1200 msnm, considerado como climas tropicales y subtropicales (Piña *et al.*, 2006).

2.3.3.6 Vientos

Los vientos muy fuertes, destruyen la vegetación, arrancan las hojas, flores y frutos; producen el manchado de los frutos, disminuyendo la calidad de fruto (González, 2011). Por tanto una velocidad máxima del viento en la zona de cultivo debe ser 20 km/h (Escobar, 2008).

2.3.3.7 Suelo

Teóricamente, todos los suelos pueden ser aptos para el cultivo de los cítricos, pero hay que evitar suelos arcillosos con problemas de drenaje, por lo que es necesario y conveniente la búsqueda de territorios franco arenosos, permeables, sin exceso salino, ricos en materia orgánica. (Malo *et al.*, 2012; González, 2011).

2.3.3.8 pH

El suelo óptimo para el cultivo presenta un pH de 5,5 a 7,0 valores más altos o más bajos a este rango producen problemas para que la raíz de la planta absorba los nutrientes necesarios para su desarrollo (González, 2011). El pH está en función de los minerales a absorber, por tal razón es necesario considerar las características de solubilidad de los mismos (Pinto, 2008).

2.3.3.9 Pendiente

Un factor determinante en la localización de las plantaciones es la pendiente, la cual no debe sobrepasar los 28°, a fin de evitar el desgaste del terreno (Escobar, 2008). Cuando los terrenos tienen pendientes del 3 al 12% se tratará de seguir las curvas de nivel, y cuando son mayores del 12%, es necesario formar terrazas perpendiculares a la línea del desnivel respectivo (González, 2011).

2.3.3.10 Humus

Un contenido humus de 3 a 4 % es adecuado para el cultivo (Barrera, 2008).

2.4 Patrones o portainjertos

Actualmente, los cítricos se cultivan injertando la variedad deseada sobre un portainjerto (también llamado pie o patrón). La respuesta de los árboles depende del comportamiento individual de cada una de las partes, así como de las posibles interacciones injerto/portainjerto que se puedan producir.

La combinación portainjertos o patrón en los cultivos de cítricos tiene mucha influencia en algunos aspectos (Wutscher, 1998):

- Precocidad en la producción.
- Mayor uniformidad de la plantación.
- Proporciona control de calidad y cantidad de cosecha para una misma variedad.

- Adaptación a problemas fisicoquímicos del suelo (salinidad, asfixia radicular, sequía).
- Tolerancia a plagas.

En lima ácida Tahití, diversos autores han evaluado el efecto de los portainjertos en el tamaño de la planta, el rendimiento y la tolerancia a enfermedades (Figueiredo *et al.*, 2002; Stenzel *et al.*, 2004). Todos los resultados coinciden en señalar que el portainjerto afecta el tamaño de la planta y el rendimiento. Sin embargo, cuando se refieren al efecto sobre la calidad de la fruta (tamaño, contenido de jugo, sólidos solubles totales SST), los resultados son contradictorios. Mientras algunos autores han observado un efecto del portainjerto en el tamaño del fruto (Stenzel *et al.*, 2004), otros autores indican que no existen diferencias significativas por el efecto del portainjerto (Figueiredo *et al.*, 2002; Arbeu *et al.*, 2009). Con respecto al contenido de jugo y SST, Jiménez *et al.* (1981) y Stenzel *et al.*, (2004) reportaron un incremento en estos parámetros para los portainjertos Rangpur; 'C-13' Citrange; Volkameriana; Sunki*E; Cleopatra; mientras que Rivera *et al.*, (2009), no observaron diferencias significativas por efecto del portainjerto. En general, los frutos de lima persa injertados en los limones Volkameriano y Rugoso, tienen un mayor contenido de jugo que los desarrollados en otros portainjertos Raddatz (2011).

Un aspecto fundamental pero poco estudiado en la lima ácida Tahití con calidad de exportación, es el color, grosor del albedo y flavedo de los frutos. En este sentido, Rivera *et al.* (2009), observaron que los frutos de lima ácida Tahití injertados en Flying Dragon desarrollaron un color verde más oscuro; mientras que los frutos de lima ácida Tahití injertados en C. volkameriana tuvieron un mayor grosor de albedo y flavedo. Por lo tanto, era de esperarse que los frutos desarrollados en C. volkameriana tuvieran menor pérdida de peso que los injertados en Flying Dragon. Sin embargo, se observó el efecto opuesto. Después de 25 días de almacenamiento a 25 °C, los frutos de lima ácida Tahití injertados sobre C. volkameriana perdieron el 30 % de su peso inicial con respecto a los frutos de Flying Dragon que sólo perdieron el 13 % (Rivera *et al.*, 2009)

El grado de rugosidad de la cáscara es otro factor poco estudiado, pero fundamental en la exportación de la lima ácida Tahití, principalmente en los frutos destinados a Europa y Japón (Rivera *et al.*, 2010). Esta característica, está determinada por el portainjerto y la nutrición, los frutos desarrollados en plantas de lima ácida Tahití injertadas sobre Limón Volkameriano, son más rugosos que los obtenidos en Flying Dragon y Naranja agrio (*Citrus aurantium*).

Uno de los aspectos más importantes en la selección del portainjerto es su resistencia o tolerancia a las principales enfermedades del cultivo. En el caso de la lima ácida Tahití se han evaluado diferentes portainjertos buscando mejor respuesta ante estos problemas. En la tabla 3., se resume la respuesta de los portainjertos más utilizados en lima ácida Tahití ante las principales enfermedades del cultivo.

Tabla 6. Tolerancia de los portainjertos a diferentes enfermedades en campo.

Portainjertos	Phytophthora	Tristeza	Blight	Exocortis	Psoriasis	Xiloporosis	Humedad	Nemátodos	Salinidad	Sequía
Sunki x English	R	T		S		T	T		S	
Volkameriana	T	T	S	T	T	T	S	S		R
Carrizo	T	T	S	S	T	T	T	T	S	S
Cleopatra	T	T	T	T		T	T	S	T	T
Kryder	R	T		S	T	T	T		S	
Citrumelo	R	T		S		T	T	T	S	

* R= resistente; T=tolerante ; S= susceptible

Fuente: Castle *et al.* (1993)

- **Swingle citrumelo CPB 4475 (*Citrus parandisi* x *Poncirus trifoliata*)**

El Citrumelo CPB 4475, más conocido como Citrumelo Swingle, es tolerante a la tristeza, la exocortis, la psoriasis y la xyloporosis (Tabla 3), es resistente al ataque de *Phytophthora spp* y también a los nemátodos (Agustí, 2003). Es menos tolerante a la

salinidad (López *et al.*, 2008). Tiene la gran limitación de ser muy sensible a la cal activa, le provoca una clorosis férrica, no se debe plantar en tierras con porcentajes de caliza activa superiores al 5%. (Agustí, 2003). Por lo demás es un magnífico portainjerto, con buen vigor y productividad, rápida entrada en producción, excelente calidad en cuanto a tamaño y color de los frutos, pero retrasa la maduración (Castle *et al.*, 1993). Por otra parte Quaggio *et al.* (2002) reportaron rendimientos de 64.65 kg/árbol y una producción acumulada de 323 kg/árbol, para plantas de seis años de edad, con peso promedio de 88.20 g, un porcentaje de jugo de 46.5% y un grosor de cáscara 2.62 mm. Con respecto a otros patrones es menos precoz en la maduración de las frutas presentándose como una ventaja con variedades tardías.

- **Citrus volkameriana (Probable: *Citron x limón* híbrido de Italia)**

Este portainjerto ha tenido una gran expansión en los últimos años debido a su gran vigor, precocidad y productividad. Principales inconvenientes: frutos de bajo peso y color verde claro, aunque adelanta la maduración, moderada sensibilidad a *Phytophthora spp.* Resistente a la caliza y medianamente a la salinidad. Tolerante a la tristeza, Exocortis y Psoriasis, pero es sensible a Xyloporosis y “Woody Gall” (Wutscher, 1998) (Tabla 3). Por su parte Orduz *et al.* (2012) evaluaron el genotipo Volkameriano y obtuvieron un rendimiento promedio 121.7 kg/árbol y una producción acumulada 102.3 kg/árbol promedio en evaluaciones de 8 años, con peso promedio de 115.18 a 92.28 g, grosor de cáscara entre 0.27 y 0.25 cm y contenido de jugo entre 51.25 y 35.71 mL.

- **Citrango carrizo y troyer (*Citrus sinensis x Poncirus Trifoliata*)**

El Citrango troyer fue de los primeros portainjertos tolerantes a tristeza, es vigoroso y productivo (Tabla 3). Se considera resistente a *Phytophthora spp.* (Álvarez *et al.*, 2008), a la asfixia radicular (Arbona *et al.*, 2009a). Tiene influencia sobre la variedad injertada, induce más precocidad y buena calidad de la fruta, adelanta la maduración con relación al naranjo amargo. Los citrangeros son sensibles a la salinidad por lo que no se deben utilizar cuando la concentración de cloruros en el agua de riego se encuentre por encima de los 350 mg L⁻¹ (Gómez *et al.*, 2001a).. Por su parte Quiroga

et al. (2010) han reportado rendimientos de 96.1 kg/árbol anuales y acumulado de 327.3 kg/árbol en una evaluación de 7 años. Los frutos de lima ácida Tahití injertados sobre Carrizo tienen un porcentaje de jugo de 43.41 %, peso fresco de 84.17g y un grosor de cáscara de 2.88 mm (Orduz *et al.*, 2012)

- **Mandarino Cleopatra (*Citrus reshni* Hort ex Tan.)**

Es tolerante a tristeza, exocortis, psoriasis y xiloporosis (Tabla 3), también tolera la clorosis férrica y es muy resistente a la salinidad, por lo que se utiliza en zonas con elevados contenidos de cal o problemas de salinidad (Amorós, 2003). Tolerancia a suelos con concentraciones de cloruros de hasta 875 mg L⁻¹ (López *et al.*, 2008) y con un contenido en caliza activa del 13 % o con un 40 % de carbonato cálcico total (Agustí, 2003). El vigor que induce sobre la variedad injertada es menor que otros portainjertos y aunque se obtiene fruta de alta calidad, el calibre es menor y la piel más fina. No se ha observado incompatibilidad con ninguna variedad comercial (Castle *et al.*, 1993).

- **Kryder 15-3 (*Poncirus trifoliata*.)**

Es una Variedad de la naranja trifoliada *Poncirus trifoliata*, que induce un enanismo moderado en las copas injertadas sobre ellos. Son susceptibles a exocortis, pero tolerantes a "tristeza", psoriasis, xiloporosis y prácticamente inmunes a *Phytophthora* (Tabla 3). Son resistentes al frío, pero no prosperan bien en suelos salinos (Avila *et al.*, 1994; Sánchez *et al.*, 1987; Toro y Jaramillo 1986; Valderrama y Caselles 1986).

- **Sunki x English (*Sunki x Poncirus trifoliata*)**

Son híbridos intergenéricos (Citrandarines) de naranja trifoliada *Poncirus trifoliata* x *C. sunki*; constituyen los portainjertos más resistentes a *Phytophthora* probados en Colombia. Son susceptibles a exocortis y a suelos salinos e inducen árboles de porte medio (Tabla 3) (Avila *et al.*, 1994; Sanchez *et al.*, 1987; Toro y Jaramillo 1986; Valderrama y Caselles 1986). Para 5 años de evolución se obtuvo producciones

promedio de 84.80 kg/árbol y una producción acumulada de 424 kg/árbol, con peso promedio del fruto de 110.04 g y un porcentaje de jugo 34.13% (Quaggio *et al.*, 2002).

2.5 Enfermedades poscosecha de la lima ácida Tahití

La lima ácida Tahití es muy susceptible a la invasión por hongos debido a contusiones y roturas de la piel. Los cortes de la podadora, arañazos de las uñas, las lesiones causadas por la recolección o maquinaria, contusiones en el embalaje, y daños causados por una mala manipulación durante el transporte o almacenamiento son todas fuentes de daño. En particular, *Penicillium spp*, que causa una infección en la herida típica de los hongos como lo es moho verde (*Penicillium digitatum*) y el moho de podredumbre-azul (*Penicillium italicum*) son enfermedades comunes en la poscosecha de los frutos de limón en el almacenamiento.

El *Penicillium digitatum* y *italicum*, atacan los frutos en los árboles, en el embalaje, el transporte, el almacenamiento y hasta la misma comercialización. Los primeros síntomas son similares: el tejido enfermo de la cáscara se pudre y pasa hacer blando, acuoso y se decolora. Es posible controlara la aparición del moho verde y azul con la aplicación de fungicidas tales como benomil, que se puede aplicar al cultivo 3 semanas antes de la cosecha o posteriormente en el almacenamiento. Sin embargo, el manejo cuidadoso en la recolección, embalaje, transporte, almacenamiento y comercialización es esencial para evitar la infección de la herida en frutos de limón por *Penicillium spp* (Brown y Eckert 1993; Murata 1997).

Otra de las enfermedades de poscosecha importante en las regiones cálidas y húmedas es la podredumbre del pedúnculo conocida como Diplodia (pudrición del pedúnculo), se presenta especialmente después de la cosecha, al cabo de alrededor de 2 semanas, cuando la temperatura están por encima de 21 ° C. Después de la cosecha también se puede presentar la *Phomopsis* (pudrición del pedúnculo) la cual se produce durante el transporte o el almacenamiento. La pudrición del pedúnculo aparece con manchas empapadas de agua cerca de la punta del tallo de las frutas, y a su vez bronceado de color marrón oscuro. Como tratamiento se emplea la

aplicación de fungicida en el cultivo en la tercera semana antes de la cosecha o en postcosecha. Es importante controlar la temperatura (5-7°C) y la humedad (80-88%) en almacenamiento para reducir la incidencia de la podredumbre del pedúnculo (Brown y Eckert 1993).

2.6 Norma Técnica NTC 4087 para lima ácida Tahití

La norma técnica colombiana (NTC-4087), establece los requisitos que debe cumplir la lima ácida Tahití, destinada para el consumo en fresco o como materia prima para procesamiento. Entre los parámetros evaluados se encuentran

2.6.1 Calibre

Se determina por el diámetro ecuatorial del fruto expresado en milímetros (mm), según la siguiente escala (Tabla 5):

Tabla 7. Calibre de la lima ácida Tahití (NTC-4087)

Diámetro (mm)	Calibre	Peso promedio (g)
≥ 68	A	179
67 - 60	B	132
59 - 50	C	90
49 - 43	D	61
≤ 42	E	42

Calibre mínimo: se descartan las frutas que estén por debajo de 38 mm de diámetro ecuatorial.

2.6.2 Madurez

Visualmente se puede apreciar el color externo de la lima ácida Tahití. Su estado está determinado por el contenido de jugo y la acidez titulable.

En la figura 5, se relaciona los cambios de color en los diferentes estados de madurez de la lima ácida Tahití.

El color 0, es un fruto bien desarrollado de color verde oscuro; color 1 fruto verde; color 2, fruto de color verde claro; color 3, fruto de color verde claro y aparecen trazas amarillos; color 4, las traza de color amarillo aumentan; color 5, el fruto es de color amarillo verdoso; color 6, fruto de color amarillo.

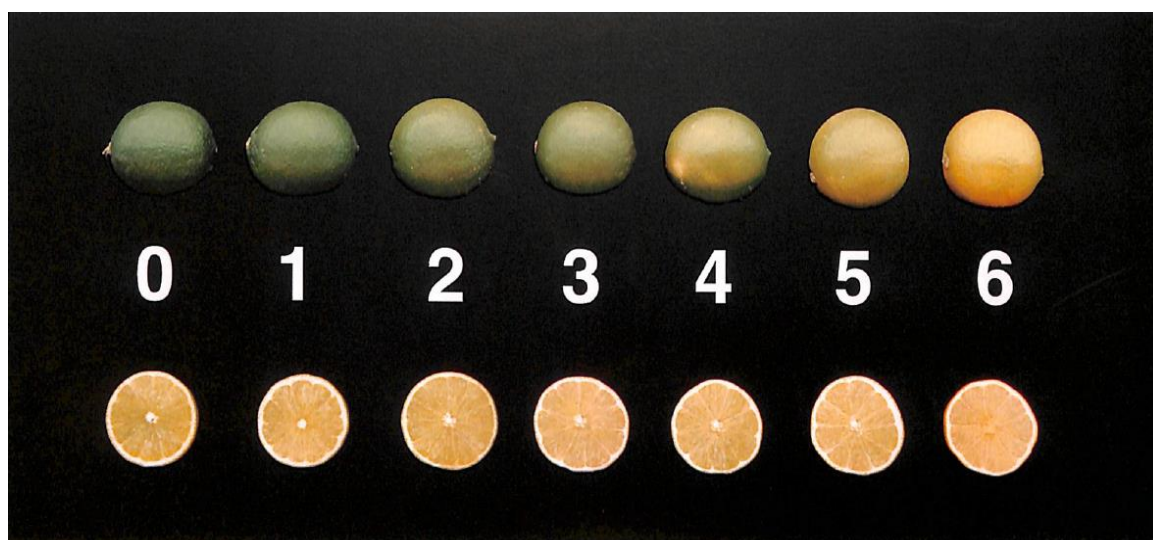


Figura 4. Los cambios de color con los diferentes estados de madurez de la lima ácida Tahití (NTC 4087)

2.6.3 Requisitos mínimos de calidad para la lima ácida Tahití (NTC-4087)

- frutos enteros, buena firmeza, consistentes al tacto con la forma y color característicos de la variedad.
- Homogéneos en variedad y tamaño.
- Limpios libres de cualquier olor, sabor, humedad o material extraño.
- Libres de daños, enfermedades, magulladuras, cortes, cicatrices, insectos o cualquier daño ocasionado por éstos.
- El pedúnculo deberá ser cortado de raíz.

2.7 Cosecha

En el proceso de cosecha de lima ácida Tahití que se destina al mercado como fruta fresca y especialmente para la exportación, es necesario tener mucho cuidado en la recolección de la fruta para evitar daños como cortes, golpes, magulladuras, ruptura de pistilo, rajaduras, etc., ya que estos desórdenes permiten la entrada de hongos que dañan la fruta. Para conseguir buenos precios y aceptación de los consumidores, la fruta debe tener buenas cualidades externas e internas. Las cualidades internas están determinadas por la cantidad del jugo y sabor, en tanto que las externas se definen directamente por la apariencia a los ojos del consumidor, tanto por el tamaño, forma, firmeza y color del fruto. En el caso de la fruta que se destina para procesamiento, las cualidades externas no tienen mayor importancia, pero sí las cualidades internas (González, 2011).

La recolección de los frutos se realiza continuamente en el año y cuando su corteza haya adquirido un color verde brillante y una acidez entre 4 – 7 %. Esta operación se efectúa manualmente mediante la flexión de su rabillo o utilizando tijeras adecuadas. Los frutos más altos se los obtiene mediante ganchos, evitando que sufran daños al desprenderse.

Los empaques empleados en la recolección son capazos o cajas de plástico con capacidad para 18-20 Kg, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso. Una vez en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados y se trasladan al almacén, procurando evitar daños mecánicos en el transporte (FAO, 1987).

Se debe evitar la recolección de los frutos cuando presenten agua en su superficie ya que esta incrementa la posibilidad de sufrir alteraciones en su corteza, adherencia de hongos y fracturación de las vesículas internas caracterizada por el manchado de la piel (Pinto, 2008).

2.8 Manejo poscosecha de la lima ácida Tahití

La tecnología de poscosecha comprende un conjunto de operaciones que se inicia con la recolección de la fruta en el campo y concluye cuando el fruto es consumido. Durante todo este periodo el fruto se somete a un fuerte ‘estrés’ y predominan los procesos encaminados a la senescencia del fruto, por lo cual es necesario ejecutar acciones que contrarresten esa tendencia y atenúen o minimicen sus efectos (Casaca, 2005)

De acuerdo con el destino de la producción, sea este para la venta en el mercado como fruta fresca o ya sea para la entrega a las plantas procesadoras, varían los diferentes tipos de operaciones. Para la fruta destinada al mercado de exportación, debe manejarse adecuadamente desde la cosecha, con una preselección de campo más rigurosa, considerando las calidades exigidas por el comprador y el tiempo de transporte a su mercado de destino. (Rodríguez, 2002).

- **Cosecha/Preselección:** Recolección y preselección por tamaño del fruto, garantiza calidad y claridad a la hora de distribuir el fruto a su destino final.
- **Transporte/Recepción:** una vez terminado el proceso de cosecha, la fruta es transportada al área de recepción de la planta de empaque, en donde es necesario tomar las debidas precauciones para recibirla y acomodarla para así facilitar las operaciones que se ejecutarán en lo posterior.
- **Enfriamiento/Reposo:** Cuando la fruta es acomodada, debe ser inmediatamente enfriada hasta llegar a una temperatura de 12.8 °C, y dejarla reposar de 12 a 18 horas, evitando así el oscurecimiento de la cascara.
- **Lavado/Desinfectado:** Se puede realizar en tanques de agua con tubos perforados por medio de los cuales se introduce agua clorada a presión, para evitar que patógenos de campo que dañen el fruto.

- **Secado/Selección:** secado del fruto con aire impulsado con ventiladores, y posterior selección de frutos desechando aquellos que no califican (frutos con manchas blancas, amarillas, daño por insectos, rayados por roce de ramas, lisos, etc).
- **Encerado/Clasificación:** Se aplica una cera líquida sobre el fruto para mejorar su presentación y se selecciona el producto de acuerdo a su tamaño, madurez, calidad u otras características requeridas por los mercados de destino.
- **Empacado/Almacenamiento:** Ayuda a proteger y darle presentación al fruto. Esta se realiza en mesas de empaque por personal calificado. Posteriormente es necesario almacenar los frutos considerando el 90% de humedad relativa y 10°C de temperatura. De esto depende la vida luego de almacenado.
- **Transporte/Comercialización:** se transporta en contenedores refrigerados en las mismas condiciones de temperatura y humedad, hasta su destino consumo final.

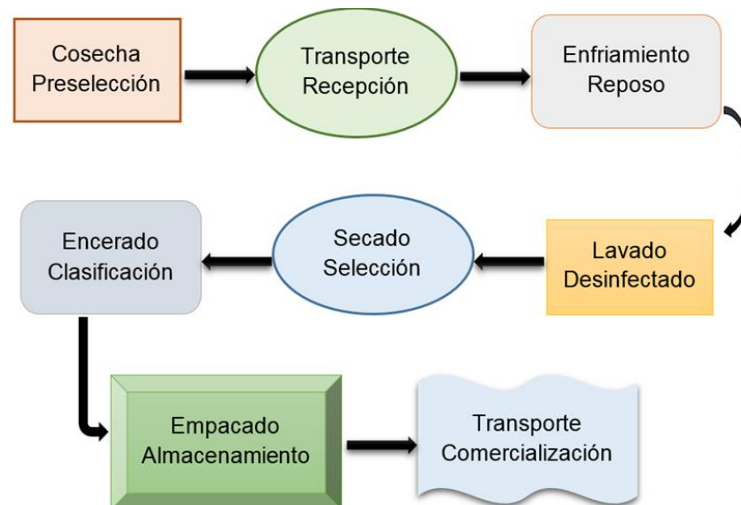


Figura 5. Etapas del procesamiento poscosecha de la lima ácida Tahití, para consumo en fresco.

2.9 Industria de jugo de la lima ácida Tahití

Las industrias procesadoras de jugo, encuentra en la lima ácida Tahití una alternativa de comercialización, debido al aumento de grandes compañías en desarrollar nuevos productos con sabor a limón, especialmente los jugos de fruta que conserven las características de la fruta natural y, además estén siempre disponible.

En el caso del lima, el jugo concentrado tiene una aplicación industrial, ya que puede ser utilizado como saborizante. Por lo tanto, el jugo de lima puede ofrecerse en el mercado listo para el consumo o como un ingrediente fundamental para la industria de bebidas. Sin embargo Latino América y especialmente Colombia, no son mercado consumidores de jugo procesado de lima, debido a que la mayoría de los países producen limones y existe mayor preferencia por el jugo recién hecho que el envasado (UTEPI, 2006).

En Colombia se destina la mayor parte de su producción de lima ácida Tahití al mercado de fruta fresca, tanto para el consumo interno como para la exportación, lo que establece que en el país no cuenta con una verdadera industria procesadora de limón. Sin embargo, existen algunas iniciativas de procesamiento, que utilizan la lima que no cumple los criterios de calidad de exportación (segunda y tercera) para la obtención de zumos. (UTEPI, 2006)

En la figura 5, la lima ácida Tahití al ser destinada al proceso de extracción de jugo, genera un subproducto que mediante posteriores tratamiento, se convierte en materia prima para la extracción de otros compuestos como son: pectinas, aceites esenciales, pienso para animales (UTEPI, 2006; Bustamante y Isaza, 2015)

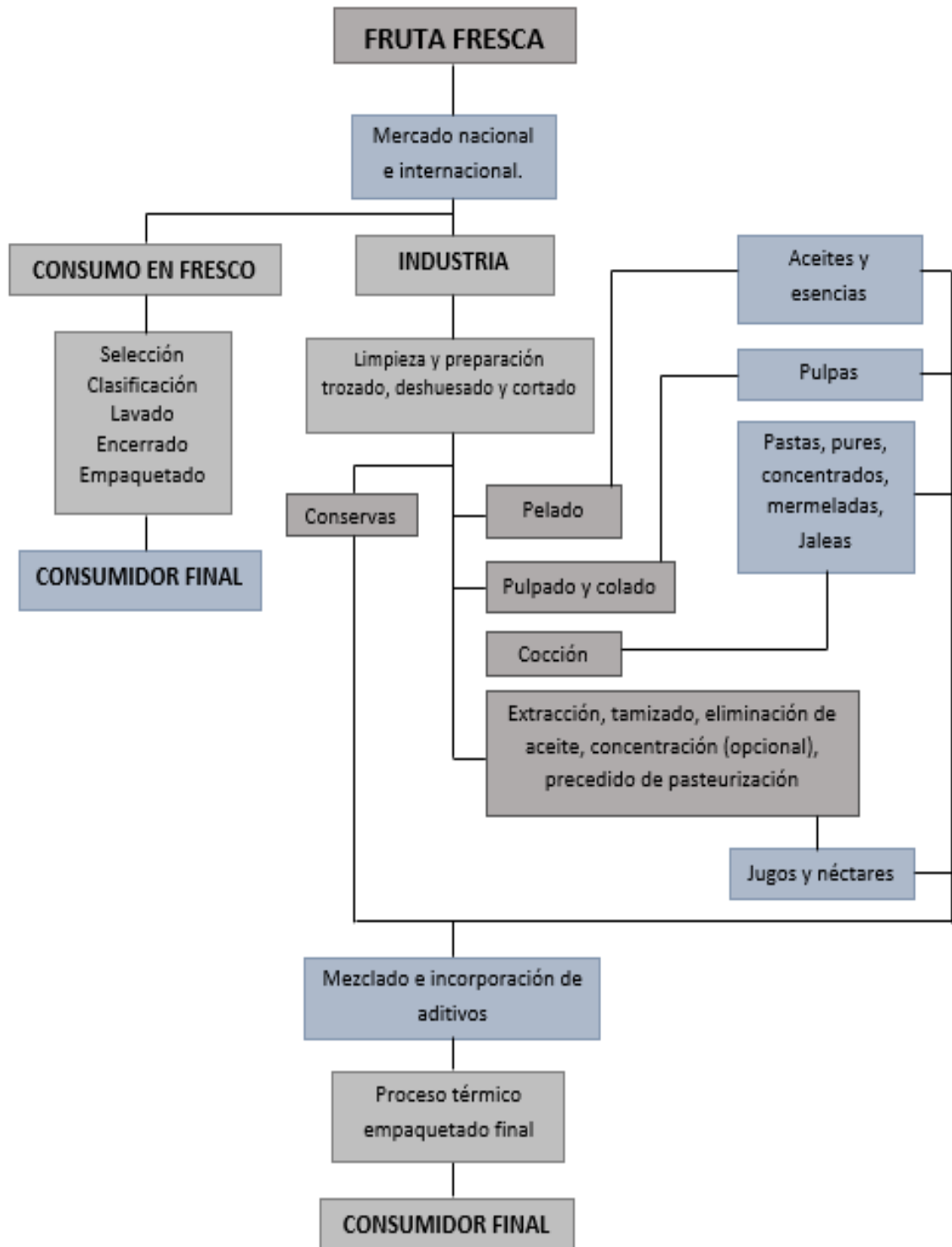


Figura 6. Esquema de transformación y usos de los cítricos

Fuente: Martínez y peñas, 2005

CAPITULO III

3 Materiales y métodos

3.1 Materiales

3.1.1 Materia prima

3.1.1.1 Lima ácida Tahití

Se obtendrá de lotes ubicados en las localidades de Lebrija, Villavicencio y Espinal.

- ✓ **Lebrija:** finca La Bodega. Vereda El puente. Ubicación: latitud 7° 3' 17,2 N y longitud 0,73° 13' 21,5 W; Altitud de 1138 msnm; T media 22,7°C; precipitación media de 1189 mm; humedad relativa 82% y brillo solar de 5,4 (Horas/día), suelo arcilloso – arenoso, pH ácido (4.3 – 4.6) (Figura 6)



Figura 7. Cultivo de lima ácida Tahití ubicado en la finca la bodega, municipio de Lebrija, departamento de Santander.

- ✓ **Espinal:** C.I Nataima. Ubicación: Latitud 4°,09' N; Longitud 74,09' W; Altitud: 335 msnm; T media: 28°C; precipitación 1476 mm; evaporación 1990 mm; humedad

relativa 72%; Brillo solar 6 (horas/día), suelo franco-arenosos otorgando propiedades de buen drenaje, pH alcalino (7.8), y limitaciones con P y K.



Figura 8. Cultivo de lima ácida Tahití ubicado en el C.I. Nataima, municipio del Espinal, departamento del Tolima.

Villavicencio: C.I La Libertad. Ubicación: latitud de 4° 03' N; longitud 73° 29' W; altitud 336 msnm; T media: 26°C; precipitación: 2918 mm; humedad relativa 79%; brillo solar 4 horas/días, suelo franco arenosas a franco arcillosas, pH ácido (4.6), bajos niveles de P y K, (Figura 8).



Figura 9. Cultivo de lima ácida Tahití ubicado en el C.I. La libertad, municipio de Villavicencio, departamento del Meta.

Se seleccionaron estas tres localidades de las cinco que hacen parte del proyecto dando prioridad a aquellas que tienen influencia significativa en el mercado en fresco y teniendo en cuenta que las condiciones climáticas abarcaban las características generales de las cinco. En estos centros, además del C.I Caribia y C.I Palmira se han estado evaluando desde el año 2009 seis portainjertos que podrían tener características de interés para la lima ácida Tahití; estos son Carrizo, Citrumelo CPB 4475, Cleopatra, Kryder, Sunki x English (SxE) y Volkameriano (Figura 9). Los portainjertos (tratamientos) se encuentran establecidos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en cada uno de las localidades.



Figura 10. Arboles de lima ácida Tahití y sus diferentes portainjertos (carrizo, Citrumelo, Cleopatra, Kryder, Sunki*English y Volkameriana.)

Fuente: C.I. La libertad.

3.1.1.2 Empaque

Los empaques a ser utilizados durante la evaluación de poscosecha serán: canastilla plástica (59 x 39 x12 cm) y bolsa plástica transparente, calibre 2, de dimensiones 25 x 35 cm con y sin perforaciones.

3.1.1.3 Desinfectante

Hipoclorito de sodio, ortofenilfenol. Se preparan soluciones 300 ppm. La fruta se sumerge por 5 minutos con posterior enjuague y escurrido o secado.

3.1.1.4 Lugar de investigación

El proyecto se realizará en los laboratorios del C.I Tibaitatá, ubicado en el Km 14 vía Bogotá-Mosquera.

3.2 Plan de muestreo y análisis estadístico

El ensayo se llevó a cabo en tres fases. En la primera se evalúa el efecto del portainjerto y la localidad sobre las características de calidad de la lima; en la segunda fase su comportamiento en almacenamiento a temperatura ambiente y en la tercera la respuesta de la lima proveniente de diferentes portainjertos y localidades establecidos en cuatro bloques, a diferentes condiciones de almacenamiento (Ambiente, Empacado refrigerado, desinfección y refrigerado) se utilizará 3 a 6 limas por cada uno de los patrones. Para cada una de las etapas se realizará un análisis de varianza (ANOVA) a cada una de las variables y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey utilizando el programa SAS 9.4 (2002-2012 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.). En todos los casos el nivel de significancia estadística que se empleara es de $\alpha=0.05$.

3.3 Métodos

La lima será recogida y trasladada a los laboratorios del Centro de investigación Tibaitatá donde se realizará la caracterización de la fruta recolectada y el montaje de los ensayos de almacenamiento correspondientes.

En la primera fase se lleva a cabo la caracterización de la lima proveniente de los seis portainjertos y tres localidades con el fin determinar la influencia de la localidad y el patrón o portainjertos sobre la calidad final de la fruta. Se caracterizan las variables fisicoquímicos: peso, diámetros (ecuatorial y polar) , firmeza, color, % de jugo, % de cáscara, contenido de sólidos solubles, acidez, pH, relación sólidos soluble / acidez

total. Para determinar estas variables se tomarán mínimo 6 unidades de cada tratamiento y bloque.

En la segunda fase se determinará el comportamiento a temperatura ambiente de los seis portainjertos y las tres localidades. Estos ensayos de almacenamiento se llevarán a cabo en el C.I Tibaitatá donde la temperatura media es de 18°C. El seguimiento de los cambios sufridos por las limas se llevará a cabo cada 8 días durante 5 semanas, a través de pruebas destructivas y no destructivas. Para el primer caso se tomarán 4 unidades, mientras que para las pruebas destructivas 9 unidades por cada tratamiento y bloque.

En una tercera fase se realizarán ensayos de almacenamiento con los tres portainjertos que presenten mayores ventajas para su exportación, provenientes de las tres localidades bajo estudio y sometidos a los siguientes tratamientos: ambiente, refrigerado (10°C), empacado refrigerado (10°C) y desinfectado refrigerado (10°C). Para el tratamiento a temperatura ambiente y refrigerada 30 unidades de cada portainjerto, bloque y localidad son puestos en las cajas plásticas. Para el caso del tratamiento desinfectado y refrigerado se distribuyen de manera similar previa desinfección de la lima con una solución de 300 ppm de hipoclorito de sodio, donde la lima se sumerge 5 minutos. Posteriormente la lima se deja escurrir y secar al ambiente para su posterior disposición en las cajas. En el tratamiento empacado y refrigerado las 30 limas de cada portainjerto, bloque y localidad se distribuyen en las bolsas plásticas descritas previamente, dejando 8 unidades por cada bolsa, las cuales a su vez se disponen en las cajas plásticas.

Para el respectivo seguimiento se realizaron muestreos semanales no destructivos (peso, color, diámetros), sobre cuatro unidades por tratamiento de almacenamiento, bloque, portainjerto y localidad. Los análisis no destructivos (todas las variables mencionadas en la fase uno y dos), se llevaron a cabo sobre tres unidades por tratamiento de almacenamiento, bloque, portainjerto y localidad, durante cinco semanas.

3.3.1 Caracterización fisicoquímica de la lima ácida Tahití durante almacenamiento

Las variables de respuesta seleccionada para caracterizar los diferentes portainjertos y para hacer el seguimiento de los cambios durante el almacenamiento se describen a continuación:

3.3.1.1 Peso (g)

Se determinó mediante la metodología utilizada por Castellano *et al.* (2016). El peso de cada fruto se determinó usando una balanza electrónica marca Pioneer modelo PA3102 con capacidad $3100 \pm 0,01\text{g}$.

3.3.1.2 Diámetro ecuatorial, Φ ec (mm)

Se determinó mediante la metodología utilizada por Castellano *et al.* (2016). La medición para el diámetro ecuatorial se realizó sobre la zona ecuatorial del fruto con un pie de rey digital marca CALIPER.

3.3.1.3 Diámetro polar Φ polar (mm)

Se determinó mediante la metodología utilizada por Castellano *et al.* (2016). La medición para el diámetro ecuatorial se realizó con un pie de rey digital, midiendo la distancia entre los polos de la lima.

3.3.1.4 Color

Se determinó de acuerdo a la metodología utilizada por Raddatz, (2011). Se utilizó el espacio de color CIELAB para determinar las coordenadas de color L (luminosidad), a (balance entre rojo y verde) y b (entre amarillo y azul), utilizando un equipo ColorTEC en la primera y segunda fase se tomaron 8 puntos del fruto en diferentes parte del fruto zona polar y ecuatorial, para la tercera fase se toman 4 puntos las zonas polares y girar el fruto 360.

3.3.1.5 Firmeza

La determinación de firmeza se realizó con ayuda de una cuchilla se retirará el flavedo, en dos partes opuestas de la zona ecuatorial, y con un penetrómetro Chatillon Digital (DFIS-50) se aplica una fuerza con un émbolo cilíndrico de 1,96 mm de diámetro, el cual desciende a una velocidad de 60 mm/min). El resultado de firmeza se expresó en kg-f fuerza.

3.3.1.6 Porcentaje de jugo

Las limas previamente pesadas se cortaron transversalmente donde se verificó visualmente la presencia de semillas y se extrajo el jugo; exprimiendo individualmente con ayuda de un exprimidor manual, y finalmente se pesó en una balanza la cantidad de jugo por cada fruto.

$$\text{Porcentaje de jugo} = \frac{\text{Peso jugo} * 100}{\text{Peso fruto}}$$

3.3.1.7 Porcentaje de residuo (cáscara y de bagazo)

Al residuo (cáscara y bagazo de la pulpa), se le retiró la cáscara y se pesa; de igual manera el bagazo de la pulpa se pesa y se determina el % de cada uno:

$$\% \text{ de cáscara} = \frac{\text{Peso cáscara} * 100}{\text{Peso fruto}}$$

$$\% \text{ de bagazo} = \frac{\text{Peso bagazo} * 100}{\text{Peso fruto}}$$

$$\% \text{ de residuo} = \% \text{ de cáscara} + \% \text{ de bagazo}$$

3.3.1.8 Sólidos solubles totales (°Brix)

Se realizó de acuerdo al método 932.12 de la AOAC (2010), Para medir esta variable se utilizó un refractómetro digital Atago; se adicionó una alícuota del jugo previamente homogenizado y se registró el valor leído en el refractómetro.

3.3.1.9 Acidez total

Para determinar la acidez de la lima se tomó 1 ml de jugo, se adicionó 24 ml de agua destilada y será titulado con una solución de hidróxido de sodio al 0,1 N hasta que el pH alcance un valor de 8,2-8,4 (pH al cual vira la fenofaleína). Con el volumen de NaOH gastado se calculará la acidez; teniendo en cuenta que el principal ácido presente en la lima es el ácido cítrico cuyo peso equivalente es 0.064 g/meq, la acidez se determinó de la siguiente forma:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{\text{Vol NaOH} * \text{N} * 0.064 * 100}{\text{Vol Jugo}}$$

(AOAC 2010, 942.15).

3.3.1.10 pH

Se tomó directamente en el jugo extraído por medido de un potenciómetro (AOAC, 2003; 981.12).

CAPITULO IV

4 Resultados y discusión

4.1 Caracterización de limas injertadas en seis portainjertos diferentes y provenientes de 3 localidades

4.1.1 Características Físicas

4.1.1.1 Peso

En la tabla 8, se puede apreciar que las localidades Nataima y La Libertad, no presentan diferencias significativas en cuanto al peso de los frutos injertados en los diferentes portainjertos. Sin embargo, Lebrija presenta diferencias significativas en sus diferentes portainjertos, mostrando variabilidad en cuanto al peso de los frutos, donde se reportaron valores entre 77.6 y 99.8 g, siendo los portainjertos Carrizo y Cleopatra los de mayor peso con 97.1 y 99.8 g respectivamente.

La localidad de Nataima reportó valores muy homogéneos en cuanto al peso en sus diferentes portainjertos. Donde se destacaron los portainjertos Cleopatra y Volkameriana por tener mayor peso con 95.7 y 95.1 g respectivamente. Para la Libertad se reportaron valores por encima de 80 g, sin ninguna diferenciación alguna, donde Kryder y Sunki*E fueron los frutos de mayor peso con 85.3 y 88.3 g respectivamente. Estos valores están en línea con lo reportado por otros autores, quienes reportan valores entre 80 y 96 gramos (Alía *et al.*, 2009; y Dorado *et al.*, 2015).

Respecto a la influencia de la localidad sobre el peso del fruto, esta no presenta diferencias significativas, siendo la localidad de Nataima la de mayor peso promedio con 91.1 g en sus diferentes portainjertos. Es evidente que la localidad de Nataima posee mayor temperaturas, lo que ocasiona menor tiempo para alcázar su madurez, a la vez que alcanzan mayor tamaño y producen más cantidad de jugo, debido al acelerado desarrollo morfológico y bioquímico (Orduz, 2014). Para las diferentes

localidades se puede destacar como alternativa por su mayor rendimiento en peso los portainjertos Carrizo y Cleopatra.

Es de aclarar que el peso de las limas, es un parámetro determinado por las condiciones edafoclimáticas y manejo cultural por lo cual puede presentar grandes variaciones (Alía *et al.*, 2009). Tal es el caso reportado por Dorado *et al.* (2015), que reportaron peso promedio de lima proveniente de Lebrija de 114 gramos.

De acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 4087, la lima producida en estas tres localidades del país y proveniente de los seis portainjertos presenta un calibre que la clasifica en la categoría C, la cual presenta un promedio de peso de 90 gramos; no obstante, es conveniente revisar el diámetro para corroborar esta propuesta.

Es importante mencionar que el peso del fruto es un parámetro no necesariamente determinante en la clasificación por calidad, pero si es un parámetro de interés para los temas de comercialización de los frutos, si el destino es el consumo en fresco las tres localidades se encuentra el rango ideal, sin embargo las industrias procesadoras de jugo requieren frutos de mayor peso, que generen mayor contenido de jugo y por tanto mayor rentabilidad.

Tabla 8. Comparación de medias de la variable peso de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/Peso (g)	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	91,9 _a	97,1 _a	84,5 _a
Citrumelo	91,7 _a	90,1 _{ba}	84,4 _a
Cleopatra	98,0 _a	99,8 _a	82,3 _a
Kryder	88,2 _a	77,6 _b	85,3 _a
Sunki*E	83,6 _a	85,9 _{ba}	88,3 _a
Volkameriana	93,1 _a	90,3 _{ba}	83,9 _a
Error estándar	3,45	6,72	2,48

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.1.2 Diámetro ecuatorial y polar

En la tabla 9, se puede observar que para las tres localidades los frutos no presentaron diferencias significativas entre portainjertos, en cuanto al diámetro ecuatorial. Sin embargo, se observa un menor tamaño de los frutos provenientes de La Libertad, frente a los de Lebrija y Nataima, los cuales son muy similares en cuanto el diámetro. Respecto a la influencia de la localidad no presentó diferencias significativas. Por otra parte, se pudo observar que existe relación entre el peso del fruto y el diámetro por tanto son variable asociadas y se comportan de forma similar, lo que indica que los frutos con mayor peso, tienden a tener un mayor diámetro. Todas las limas injertadas en los 6 portainjertos reportaron un valor promedio entre 49.2 y 56.0 mm de diámetro ecuatorial, lo cual corrobora su clasificación como limas de calibre C de acuerdo con el Norma técnica colombiana (NTC 4087). Estos calibres y pesos son considerados de mayor preferencia según Alía *et al.* (2009). Castellano *et al.* (2016) encontraron valores de diámetro ecuatorial entre 54.4 y 55.1 mm; Souza *et al.* (2012) diámetro ecuatorial promedio de 56.93; Luchetti *et al.* (2003), entre 47 y 65 mm, valores similares a los encontrados en el presente estudio. Castellano *et al.* (2016) manifiestan que estos valores son fácilmente aceptados en el mercado norteamericano, europeo y asiático.

Tabla 9. Comparación de medias del diámetro ecuatorial (DE) de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/DE, mm	Nataima	Lebrija	La libertad
Carrizo	53,3 _a	55,8 _a	49,2 _a
Citrumelo	52,8 _a	53,6 _{ba}	49,2 _a
Cleopatra	54,2 _a	55,1 _a	49,6 _a
Kryder	52,8 _a	51,2 _b	49,9 _a
Sunki*E	52,8 _a	53,1 _{ba}	50,1 _a
Volkameriana	51,2 _a	53,8 _{ba}	50,4 _a
Error estándar	0,75	1,46	0,62

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En relación al diámetro polar como se puede apreciar en la tabla 10, los valores oscilaron entre 52.7 y 59.6 mm, sin presentar una diferencia significativa entre localidades y portainjertos. Alía *et al.*, (2009) obtuvieron valores de diámetro polar entre 58 y 78 mm. Miranda y Cápelo (2010), y Alía *et al.* (2009) manifestaron que los periodos de cosecha afectan esta variable.

Tabla 10. Comparación de medias para el diámetro polar DP, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/DP, mm)	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	58,0 _a	58,8 _a	53,3 _a
Citrumelo	56,9 _a	57,7 _{ba}	52,7 _a
Cleopatra	59,2 _a	60,1 _a	52,8 _a
Kryder	56,2 _a	54,6 _a	53,1 _a
Sunki*E	56,3 _a	57,1 _{ba}	54,2 _a
Volkameriana	57,8 _a	58,5 _a	53,7 _a
Error estándar	0,92	1,54	0,75

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.1.3 Firmeza

La disminución de la firmeza en frutas está muy relacionada con el proceso de ablandamiento de los tejidos, debido a cambios en la estructura y composición de la pared celular por la acción de enzimas (Chitarra y Chitarra, 2005).

En la tabla 11, se observan los resultados de las pruebas de firmeza en la que se evaluó la resistencia de los diferentes portainjertos y la incidencia de la localidad sobre este parámetro.

Se puede apreciar que hay diferencias significativas respecto al portainjerto en las diferentes localidades, donde Kryder y Volkameriana reportaron los valores más altos de firmeza en las tres localidades, respecto a la influencia de la localidad esta no presenta diferencias significativas, sin embargo, las limas provenientes de La Libertad presentaron mayor firmeza con promedio de 6.3 kgf, seguido de Nataima con 5.0 Kgf.

Estos valores altos de firmeza en algunos portainjertos puede estar influenciado por el peso del fruto al igual que la temperatura de la localidad, ya que a mayor temperatura acelera el desarrollo morfológico y bioquímico proporcionando frutos de mayor tamaño (Orduz, 2014).

Es importante destacar que las tres localidades en estudio presentan deficiencia de macronutrientes (P y K) en sus suelos, por tanto la fertilización juega un papel importante en el desarrollo del fruto, debido a que las plantas que absorben mayor cantidad de potasio, le brindan al fruto mayor tamaño, espesor de la corteza y firmeza. Por su parte Hamza *et al.* (2012) evaluaron varias dosis y fuentes de potasio en cítricos, verificando su efecto sobre las características del fruto y concluyeron que la aplicación de potasio, independientemente de la fuente utilizada, aumentó la masa del fruto, tamaño, color, firmeza y el grosor de la corteza. Asimismo Aular *et al.* (2017) manifestaron que el efecto de potasio en cítricos tiene mayor influencia sobre la masa fresca del fruto.

Tabla 11. Comparación de medias para la variable firmeza de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La Libertad).

Portainjertos/Firmeza(Kgf)	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	5,3 ^{bac}	3,8 ^b	6,2 ^{ba}
Citrumelo	4,3 ^c	3,9 ^b	5,7 ^b
Cleopatra	4,5 ^{bc}	4,3 ^{ba}	6,0 ^{ba}
Kryder	5,0 ^{bac}	5,8 ^a	7,2 ^a
Sunki*E	5,8 ^a	3,9 ^b	6,2 ^{ba}
Volkameriana	5,5 ^{ba}	5,5 ^a	6,6 ^{ba}
Error estándar	0,32	0,35	0,75

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

La firmeza también puede estar relacionada con el contenido de jugo, pues se espera que, a mayor contenido de jugo, la firmeza disminuya. Puede ser un indicador de madurez, pues como se mencionó anteriormente la firmeza va disminuyendo con la

madurez por la degradación de carbohidratos poliméricos especialmente de las sustancias pécticas y hemicelulosa presente en la cáscara.

4.1.1.4 Color (Luminosidad, cromaticidad y hue)

El color del flavedo (cáscara) en limones y limas ácidas es uno de los principales atributos que definen la calidad y es un parámetro determinante para su comercialización (Alía *et al.*, 2009; Rivera *et al.*, 2010). Berlingieri *et al.* (2005), indican que, en Brasil, la lima ácida Tahití se cosecha cuando posee una coloración verde oscura y parcialmente lisa.

Para las localidades de Lebrija y la Libertad la luminosidad no presentan diferencias significativas respecto al portainjerto, donde Kryder para Lebrija representa el mayor valor con 43.9 y Volkameriana con 45.9 para La libertad, no obstante la luminosidad para la localidad de Nataima presento diferencia significativas, donde el portainjerto Kryder el mayor valor con 47.3.

Por otro lado la localidad no influye sobre la luminosidad, sin embargo Nataima parece presentar colores más oscuros, posiblemente más mate, razón que puede estar atribuida a las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico generados a los cultivos en especial la poda a los árboles que garantice mayor luz a los frutos (Tabla 12). Al respecto Raddatz (2011) afirma que los frutos de lima ácida Tahití injertados sobre Volkameriana muestran mayores valores de L^* en comparación con los otros portainjertos y temperaturas estudiadas. También se observó que la luminosidad se va haciendo más alta con la madurez del fruto, lo cual también fue observado por Alía *et al.* (2011); quien reporta valores de L^* de 51; pero no se conoce el grado de madurez presentado por la lima.

La cromaticidad tuvo variación entre los 6 portainjertos provenientes de las tres localidades. Se puede observar que las localidades no influye sobre la pureza de color de los frutos, para Nataima, Kryder presente mayor intensidad o pureza de color verde en su flavedo con un valor de Croma de 35.3. En Lebrija y La Libertad

Volkameriana reportó el mayor valor de croma con 32.1 y 29.1 respectivamente (Tabla 10). Alía *et al.* (2009) reportaron valores de cromaticidad entre 41.7 y 44.0. Así mismo Ley *et al.* (2003) reportaron valores de 39.1 de cromaticidad para limas ácidas Tahití. Los valores reportados por este estudio están por debajo razón atribuida tal vez a las condiciones climáticas y periodos de cosechas (Tabla 12).

En la tabla 12, se muestra que el ángulo Hue para las localidades de Nataima y La Libertad no hay diferencia significativa entre los diferentes portainjertos. A diferencia de Lebrija que presentó diferencia entre sus portainjerto, destacándose Carrizo y Citrumelo con valores de 104.9 y 104.2 de °Hue. Entre localidades se observa como las limas provenientes de Lebrija presentan valores promedio mayores de °Hue que las provenientes de La Libertad y Nataima; lo cual indica un color más verde, y aunque las diferencias son mínimas. Alía *et al.* (2011) reportaron valores °Hue en frutos de lima ácida Tahití entre 101 y 105, datos muy similares a los reportados por las localidades.

Tabla 12. Comparación de medias para las variables Luminosidad, croma y °Hue de las limas en el flavedo de la lima ácida Tahití en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/Color	Nataima			Lebrija			La libertad		
	L*	Croma	Hue	L*	Croma	Hue	L*	Croma	Hue
Carrizo	43,0 _c	28,5 _b	102,4 _a	39,9 _b	22,8 _d	104,9 _a	44,2 _a	24,7 _b	101,5 _a
Citrumelo	45,0 _{bc}	30,7 _b	103,4 _a	42,0 _a	26,9 _c	104,2 _{ba}	43,9 _a	26,6 _{ba}	103,1 _a
Cleopatra	46,1 _{ba}	31,7 _b	102,9 _a	42,1 _a	25,2 _{dc}	102,8 _{bc}	43,6 _a	25,8 _{ba}	102,1 _a
Kryder	47,3 _a	35,3 _a	102,4 _a	43,9 _a	28,4 _{bc}	102,8 _{bc}	45,3 _a	27,8 _{ba}	102,6 _a
Sunki*E	43,9 _c	30,7 _b	102,4 _a	43,6 _a	30,6 _{ba}	102,4 _c	43,8 _a	26,1 _{ba}	101,8 _a
Volkameriana	44,2 _{bc}	29,1 _b	103,5 _a	43,6 _a	32,1 _a	103,5 _{bc}	45,9 _a	29,1 _a	101,6 _a
Error estándar	0,32	0,86	0,31	0,35	1,07	0,41	0,75	1,12	0,29

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Las características de color pueden estar relacionadas con el grado de madurez, pues a medida que el fruto madura va ganando brillo y el color verde se hace menos intenso, es decir el L va disminuyendo y el ° Hue se van haciendo menores.

Cuando los frutos no cuentan con la calidad ideal de exportación, se consideran frutos de segunda y tercera calidad, que se caracteriza por tener mayor porcentaje de color amarillo en el flavedo, libre de daños, no muy inmaduros, y su destino radica al comercio local e industria procesadoras.

4.1.1.5 Porcentaje de jugo (%)

La norma Codex stan 213 (Codex Alimentarius, 2008), y la Norma Mexicana NMX-FF-077-1996 indican que el contenido mínimo de jugo de la lima ácida Tahití debe ser de 42% para su comercialización, mientras que la Norma técnica Colombia NTC 4087, establece 27 % a partir de un fruto verde oscuro bien desarrollado. Por otra parte, Ladaniya (2008) menciona, que un porcentaje de 30 % en jugo es la principal característica interna que se tiene como calidad en Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo con los resultados mostrados por la tabla 13, se observa como los portainjertos y la localidad determina diferencias importantes en cuando al contenido de jugo. Se puede establecer que los frutos provenientes de las tres localidades presentan diferencias significativas en cuanto al porcentaje de jugo. La localidad de Lebrija presenta frutos con porcentaje de jugo por encima de 40 %, muy por encima de lo que establece la NTC-4087 como valor mínimo de 27% para Colombia, seguida de Nataima y La libertad respectivamente.

En cuanto a los portainjertos, solo Kryder y Sunki * English presentaron diferencias significativas. Kryder presentó los mayores contenidos de jugo, siendo muy alto en Lebrija donde alcanzó valores promedio de 45.9 %; mientras que Sunki *English reportó el menor contenido de jugo de todas los portainjertos y localidades evaluados, tanto en La Libertad como en Nataima. Para la localidad de Nataima se destacan los portainjertos de Cleopatra y Kryder como los frutos de mayor porcentaje de jugo con 38.2 y 36.9 respectivamente. Para la localidad de la Libertad se destacan Citrumelo y Volkameriana con contenido de jugo de 34.5 y 35.2 % respectivamente (Tabla 13).

Alía *et al.* (2011) reportaron contenido de jugo entre 45 y 51 %, mientras que, Castellanos *et al.*, (2016) encontraron contenido de jugo de 44,84 % en frutos almacenados a 18°C. Este parámetro es muy importante pues implica rendimiento para la industria y menores costos de disposición de residuos, en caso de que no aprovechen la cáscara y la pulpa.

Tabla 13. Comparación de medias para la variable porcentaje de jugo de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/Jugo (%)	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	36,3 _a	42,5 _{ba}	33,1 _a
Citrumelo	36,9 _a	40,1 _{bc}	34,5 _a
Cleopatra	38,2 _a	41,6 _{ba}	33,8 _a
Kryder	36,9 _a	45,9 _a	30,0 _a
Sunki*E	33,6 _a	41,2 _b	31,4 _a
Volkameriana	36,7 _a	36,1 _c	35,2 _a
Error estándar	1,36	2,46	1,43

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

El contenido de jugo es un indicador también de madurez, pues en la medida que el fruto maduro se va haciendo más jugoso. Sin embargo, es importante tener en cuenta este parámetro junto con otros indicadores de madurez, pues de acuerdo con lo encontrado hasta el momento podría decirse que la lima de Nataima puede estar más madura que las demás, pero analizando el color y la firmeza esta hipótesis pierde validez. Esto indica que las condiciones edafoclimáticas pueden incidir en estos parámetros y favorecer el desarrollo de algunas características y afectar negativamente otras. Por lo tanto, cuando se va a evaluar grado de madurez se deben tener en cuenta diferentes parámetros.

4.1.1.6 Porcentaje de residuo (cáscara y bagazo)

El porcentaje de jugo es complementario con el de cáscara y bagazo. Por lo tanto al incrementar uno disminuye el otro (Tabla 14). El porcentaje de cáscara varió para cada localidad, Lebrija fue la de mayor porcentaje de jugo, por tanto el porcentaje de residuo es menor con valores entre 47.6 y 54.7 %, seguido de Nataima con valores entre 57.0 y 50.9 %, y como mayor porcentaje de residuo la localidad de la Libertad con valores entre 60.7 y 67.4 %. Estos porcentajes de residuo pueden estar atribuido al grosor del flavedo y albedo que presenta los diferentes portainjertos de estudio ya que diversos autores han reportado que el uso de portainjertos en cítricos varía el grosor de la cáscara (Al-Jaleel *et al.*, 2005; Georgiou 2009; Bassal 2009; Castle *et al.*, 2011; Legua *et al.*, 2011).

Así mismo Al-Jaleel *et al.* (2005) manifestaron que los cítricos con cáscara gruesa comúnmente presentan menor cantidad de jugo. Castellanos *et al.* (2016) reportaron porcentaje de residuo para lima ácida Tahití almacenados a diferentes temperaturas cercanos al 60 %. Este parámetro está muy relacionado con su resistencia a daños por impacto y por ende con el tiempo de vida útil de la fruta. Por lo tanto si se observan estos resultados frente a la firmeza, se encuentra que están correlacionados pues a mayor contenido de cáscara, mayor firmeza o resistencia al daño mecánico. Además, este contenido es importante para la industria pues altos contenidos de bagazo y cáscara pueden ser residuos que significan gastos para su disposición, mientras que para la industria de aceites esenciales puede ser positivo. En este sentido algunos investigadores coinciden (Vilas Boas *et al.*, 2001; Mendonça *et al.*, 2006) que los residuos de la lima ácida Tahití, tiene un gran potencial para su uso en la formulación de alimentos para animales, dada su composición química, y puede ser utilizado para la extracción de fibras, pectina, vitamina C y aceites.

Tabla 14. Comparación de medias para el porcentaje de residuo de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/Residuo (%)	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	58,2 _a	51,6 _a	64,2 _a
Citrumelo	57,4 _a	52,7 _a	62,2 _a
Cleopatra	57,0 _a	53,9 _a	62,8 _a
Kryder	57,8 _a	47,6 _a	67,4 _a
Sunki*E	60,9 _a	53,9 _a	66,1 _a
Volkameriana	58,3 _a	54,7 _a	60,7 _a
Error estándar	1,12	2,16	1,63

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.2 Características Físicoquímicas

4.1.2.1 Sólidos Solubles Totales (SST)

En la tabla 15, se presenta el contenido de sólidos solubles totales encontrados para cada uno de los 6 portainjertos pertenecientes a las tres localidades. En esta tabla se observan diferencias significativas entre los portainjertos de la localidad de Lebrija. En cuando las localidades, La Libertad reportó el mayores contenidos de sólidos solubles, con un promedio de 10.9, frente a 9.8 y 9.0 de Lebrija y Nataima respectivamente. Posiblemente debido a la característica edafoclimáticas de la localidad en especial la temperaturas altas, que aumenta la respiración de los frutos, permitiendo que disminuya la concentración de SST.

En cuanto a portainjertos Carrizo con 9.4 °Brix, proveniente de Nataima reportó el mayor contenido de sólidos solubles totales. Para localidad de Lebrija los SST estuvieron entre 8.6 y 10.9 °Brix, presentando diferencias significativas entre los 6 portainjertos, el portainjerto Citrumelo mostró el valor más alto con 10.9°Brix (Tabla 12). La Libertad presentó valores de SST por encima de los 10° Brix para los 6 portainjertos, siendo carrizo y kryder los que presentaron mayores valores con 11.1 y 11.3 °Brix respectivamente.

La Norma Mexicana de calidad NMX-FF-077-1996, establece como porcentaje mínimo de sólidos solubles totales (SST) para el consumo en fresco de la lima ácida Tahití de 6,8%, debido a que este porcentaje garantiza la madurez fisiológica de los frutos. Para las tres localidades los SST se mantuvieron por encima de este valor. Por su parte Dorado *et al.* (2015) también han reportaron valores de sólidos solubles (°Brix) en el zumo de lima ácida Tahití entre 7,91 y 8,67 sin presentar diferencias significativas y está por encima de 7 exigida en la industria. Algo semejante ocurre con Alía *et al.* (2011) donde encontró valores entre 7.8 y 8.2 en periodo de cosecha de la lima ácida Tahití.

De acuerdo con estos reportes se puede decir que la lima ácida Tahití cultivada en estas regiones tiene una ventaja importante frente a las reportadas por Alía y Dorado, pues presentan contenidos de sólidos solubles muy altos.

Tabla 15. Comparación de medias para la variable sólidos solubles totales, SST (°Brix) de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/SST(°Brix)	Nataima	Lebrija	La libertad
Carrizo	9,4 _a	10,0 _{ba}	11,1 _a
Citrumelo	9,1 _a	10,9 _a	10,7 _a
Cleopatra	8,9 _a	9,4 _{bc}	10,6 _a
Kryder	9,2 _a	10,0 _b	11,3 _a
Sunki*E	8,7 _a	9,8 _b	10,8 _a
Volkameriana	8,6 _a	8,6 _c	10,6 _a
Error estándar	1,32	2,23	0,12

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.2.2 pH

En la tabla 16, se pudo establecer que las limas provenientes de la localidad de Nataima presentaron valores de pH entre 2.25 y 2.33 en los 6 portainjertos presentaron diferencias significativas, siendo Cleopatra el de mayor valor con 2.33, lo cual está en concordancia con lo reportado por Raddatz (2011). Del mismo modo

para la localidad de Lebrija, se observaron diferencias significativas en los valores de pH por efecto del portainjerto, los valores observados oscilaron en un rango de 2.24 a 2.58; donde Sunki*E, presentó el mayor valor con 2.58. Por su parte la localidad de la Libertad, no presentó diferencias significativas, donde se mantuvieron valores entre 2.11 y 2.18 pH. Souza *et al.* (2012) y Paixão *et al.* (2015), reportaron valores de pH en lima ácida Tahití entre 2.06 y 2.17 valores muy similares a los reportado para la localidad de la libertad en los diferentes patrones. A diferencia de Castellano *et al.* (2016); Raddatz (2011); Blum y Ayub (2008) que reportaron valores más altos de pH en lima ácida Tahití.

Tabla 16. Comparación de medias para la variable pH de las limas, entre las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/pH	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	2,32 _a	2,32 _b	2,16 _a
Citrumelo	2,31 _a	2,52 _a	2,18 _a
Cleopatra	2,33 _a	2,24 _b	2,11 _a
Kryder	2,29 _{ba}	2,51 _a	2,17 _a
Sunki*E	2,29 _{ba}	2,58 _a	2,16 _a
Volkameriana	2,25 _b	2,54 _a	2,12 _a
Error estándar	0,01	0,02	0,02

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.2.3 Acidez titulable (AT)

En la tabla 17, la localidad de Nataima la acidez titulable no presentó diferencias significativas en sus diferentes portainjertos donde los valores oscilaron entre 4,7 y 5,4 % de ácido cítrico; siendo Kryder el portainjerto de mayor valor con 5.4 %, y Cleopatra con el menor valor con 4.7 %. Por su parte la localidad de Lebrija a diferencia de Nataima presenta valores mayores en sus diferentes portainjerto, donde los valores oscilaron entre 5.2 y 6.9 %, siendo el Citrumelo el que obtuvo el mayor

valor con 6.9 % y el menor valor Carrizo con 5.1 %. Para la localidad de La Libertad la acidez titulable se mantuvo entre 7.0 y 7.8 % en sus diferentes portainjertos, donde los portainjertos de Citrumelo y kryder mantuvo los valores más altos de 7.76 y 7.71 respectivamente.

En general a los diferentes portainjertos y localidades cumple con lo establecido por la NTC-4087 donde establece un porcentaje de 5 % de ácido cítrico para fruto verdes oscuro bien de desarrollado, sin embargo el portainjerto Carrizo presenta la menor acidez independiente de la localidad, mientras que Citrumelo parece ser el más ácido. Por su parte las localidades influyen en la acidez del fruto, donde La Libertad presento mayor porcentaje de acidez que las demás localidades, razón que puede estar atribuida al bajo contenido de jugo que presentaron estas frutas que hacen que se concentren los ácidos orgánicos presenten en ellos. Algunos investigadores coinciden (Castellanos *et al.*, 2016; Paixão *et al.*, 2015) en valores 7,3 de acides para lima ácida Tahití. Por otra parte, Souza *et al.* (2012); Alia *et al.* (2011); Alia *et al.* (2009) reportaron valores de acidez total en lima ácida Tahití entre 5 y 6%. Es importante aclarar que la acidez disminuye cuando los ácidos orgánicos entran al ciclo de ácido cítrico o ciclo de Krebs y experimentan conversión metabólica (Paliyath y Mur 2008).

Tabla 17. Comparación de medias para la variable acidez titulable (AT) de las limas, en las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/AT (%)	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	4,8 _a	5,2 _b	7,0 _b
Citrumelo	5,3 _a	6,6 _a	7,8 _a
Cleopatra	4,7 _a	5,9 _{ba}	7,5 _{ba}
Kryder	5,4 _a	6,2 _{ba}	7,7 _a
Sunki*E	5,3 _a	6,9 _a	7,0 _b
Volkameriana	5,1 _a	6,0 _{ba}	7,3 _{ba}
Error estándar	0,11	0,25	0,13

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.2.4 Relación sólidos solubles totales / Acidez titulable (SST/AC)

En naranja, mandarinas, toronjas y pomelos se consideran maduros, cuando su contenido de jugo y la relación SST/AC ha llegado a ciertos límites mínimos de palatabilidad (Ladaniya, 2008). Sin embargo, es importante aclarar que en limones y limas ácidas este parámetro no es considerado un criterio de calidad, (Lado *et al.*, 2014; Codex, stan 213, 1999), pues la alta acidez es lo que caracteriza estos cítricos. No obstante, la relación SST/AC en limones y limas determina lo dulce o amargo del fruto. En este sentido muchos investigadores coinciden (Martín, 2004; Berlingieri *et al.*, 2005; Neves *et al.*, 2008), en que para la comercialización de la lima ácida Tahití, esta debería tener una relación SST/AC entre valores de 1.1 y 1.4.

En la tabla 18, se observa como las limas provenientes de Nataima y la Libertad no presentaron diferencia significativas en los diferentes portainjertos respecto a la relación SST/AT, sin embargo Nataima reporto los valores más altos de relación SST/AT, encontrando valores entre 1.7 y 2.1; originado tal vez por la baja acidez presentada por las limas en esta localidad. La lima injertada en el portainjerto Carrizo y Cleopatra cultivada en Nataima presentó el mayor valor de SST/AT. La Libertad por su parte reporto valores entre 1.4 y 1.6, siendo Carrizo y Sunki*E los de mayor valor con 1.6 para ambos. A diferencia de la demás localidades Lebrija presento diferencias significativas en los diferentes portainjertos, con valores entre 1.4 y 2.0; datos muy similares a los reportados por Martín, (2004); Berlingieri *et al.*, (2005). Por su parte Castellano *et al.* (2016) y Alia *et al.* (2009) reportaron valores entre 1.2 y 1.35 en relación de SST/AT para lima ácida Tahití, mientras que Souza *et al.* (2012) reportaron valores más altos para esta relación entre 1.87 y 1.95. Lo cual puede ser debido a diferente estado de madurez.

Tabla 18. Comparación de medias para la variable relación sólidos solubles totales /acidez titulable (SST/AT) de las limas, entre las diferentes localidades (Nataima, Lebrija y La libertad).

Portainjertos/ SST/AT	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	2,1 _a	2,0 _a	1,6 _a
Citrumelo	1,7 _a	1,7 _{ba}	1,4 _a
Cleopatra	2,1 _a	1,8 _{ba}	1,4 _a
Kryder	1,7 _a	1,6 _{ba}	1,5 _a
Sunki*E	1,7 _a	1,4 _b	1,6 _a
Volkameriana	1,7 _a	1,4 _b	1,5 _a
Error estándar	0,29	0,25	0,13

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.1.2.5 Vitamina C

Entre la variedad de limas y limones, la lima ácida Tahití, posee el mayor contenido de vitamina C. Existen algunos factores que afectan el contenido de vitamina C en las frutas y hortalizas, tales como edafoclimáticas, temporadas de cosechas, manejos poscosecha (Padayatty *et al.*, 2003).

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 19, no se observan diferencias importantes en el contenido de vitamina C, para la localidad de Nataima Y Lebrija, en los diferentes portainjertos, sin embargo los portainjerto de Cleopatra y Kryder provenientes de Nataima, reportaron 13 y 10 % mayor contenido de vitamina C. por su parte La libertad, los portainjertos Citrumelo, Kryder y Volkameriana, mostrando mayor valores respecto a las demás localidades por encima de un 16 %, lo que relaciona a la localidad con mayor precipitación que permite mejor absorción de nutriente del suelo. Los valores encontrados están dentro de los reportados en la literatura (Arias y Toledo, 2000).

Tabla 19. Contenidos de vitamina C, presenten en la lima injertada en seis portainjertos: Carrizo, Citrumelo, Cleopatra, Kryder, Sunki*English y Volkameriano, procedentes de las localidades de Nataima, Lebrija y La libertad.

Portainjertos/mg ác ascórbico/100 g muestra.	Nataima	Lebrija	La Libertad
Carrizo	14,63 a	14,71 a	
Citrumelo	14,71 a	14,66 a	17.60 a
Cleopatra	16,78 a	14,81 a	
Kryder	16,42 a	14,87 a	24.01 a
Sunki*E	14,76 a	14,79 a	
Volkameriana	14,79 a	14,71 a	19.38 a
Error estándar	0.97	0.07	3.30

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Mendonça *et al.* (2006) manifestaron que la vitamina C, se encuentre en todas las parte de la lima ácida Tahití, siendo el flavedo el más prominente, con el mayor contenido de vitamina C, seguido por el albedo y bagazo. Para la industria es de suma importancia brindar productos con gran contenido de jugo de vitamina C, considerado un nutriente aumenta las defensas de nuestro organismo ayudando a prevenir muchas enfermedades.

4.2 Comportamiento de lima ácida Tahití injertada en seis diferentes portainjertos y proveniente de tres localidades, almacenada a condiciones ambientales

4.2.1 Características Físicas

4.2.1.1 Peso

Es evidente que uno de los principales problemas de los productos frutícolas, es la pérdida de peso durante el almacenamiento, ocasionando una disminución en la calidad comercial del fruto, así como también grandes pérdidas económicas (Yahia e Higuera, 2002). La pérdida de peso en los frutos aumenta como consecuencia de la transpiración después de la cosecha. La baja humedad relativa y altas temperaturas provocan un aumento en la transpiración, lo que ocasiona una mayor pérdida de agua, acelerando la senescencia y disminución de la calidad del fruto (Álvarez *et al.*, 2008)

Estas pruebas se desarrollaron con los frutos de los seis portainjertos provenientes de las localidades de Nataima, Lebrija y la libertad se llevaron a cabo a temperatura ambiente la cual oscilaba entre los 12 y 22°C y una humedad relativa de alrededor del 88%, realizando las mismas pruebas de seguimiento a través de análisis destructivos.

De la figura 11, se puede apreciar que el peso de los frutos de las tres localidades presenta pérdida durante el almacenamiento, razón que puede estar atribuida a la transpiración del fruto después de la cosecha. La localidad de La Libertad presenta fruto de menor peso respecto a las demás localidades, sin embargo, estos frutos presentan una menor tendencia a perder peso durante el almacenamiento. Los diferentes portainjertos a los 40 días de almacenamiento para La Libertad presentaron una pérdida de peso promedio de alrededor de 15 % respecto al inicial. Citrumelo y Volkameriana tienden a permanecer un poco más estable durante su periodo de almacenamiento.

Las limas provenientes de Nataima y Lebrija presentaron frutos de mayor peso; sin embargo, la lima proveniente de Nataima en sus diferentes portainjertos alcanzaron

pérdidas de peso de alrededor del 30% a los 40 días de almacenamiento, lo cual representa una cantidad considerable de dinero, teniendo en cuenta que la comercialización se hacen de acuerdo al peso de los frutos. Las limas de los portainjertos Kryder y Volkameriana de Lebrija presentaron las menores pérdidas de peso (entre 5 y 11 %) al cabo de 40 días de almacenamiento.

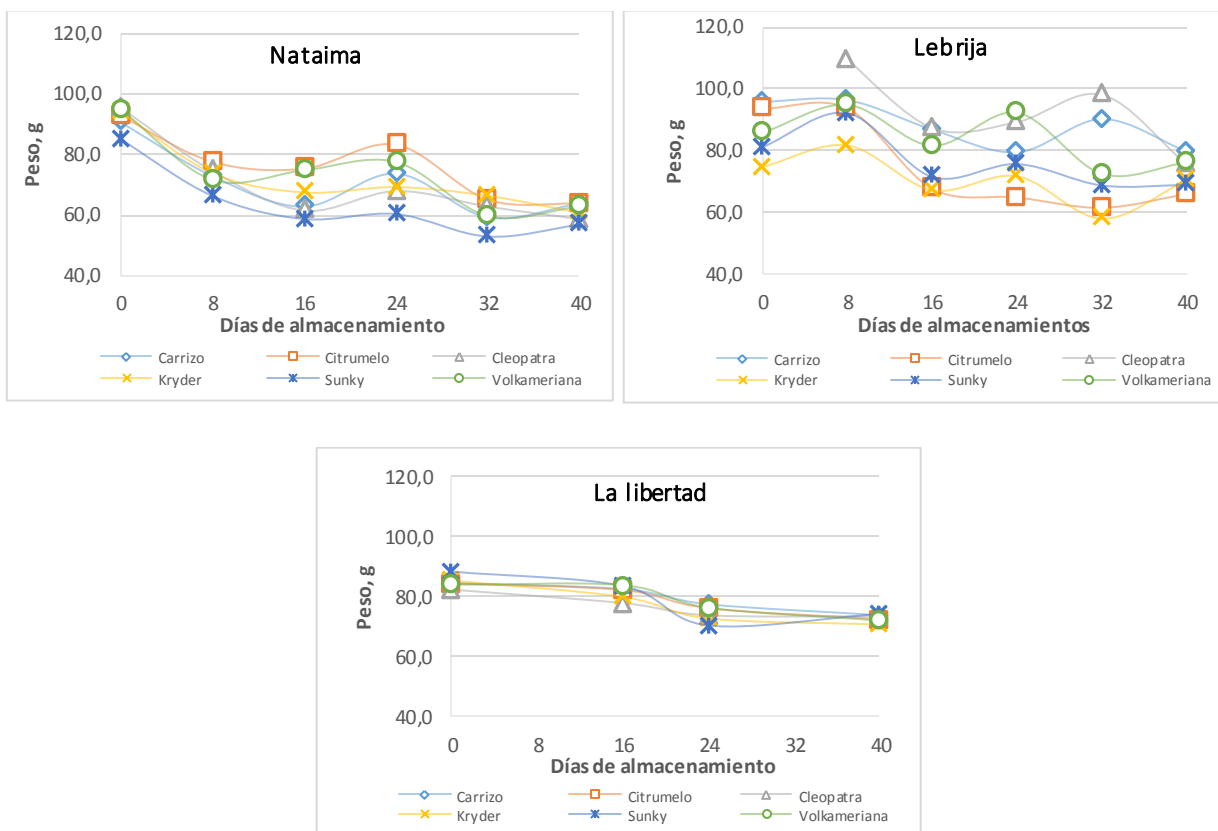


Figura 11. Cambio de peso durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.1.2 Diámetros (ecuatorial y polar)

En cuanto al diámetro ecuatorial (Figura 12), se observa un comportamiento similar pero menos drástico, pues la reducción de diámetro osciló entre 3 y 11%. Esta reducción de diámetro puede ser ocasionada por la pérdida de agua que hace que la

fruta reduzca su volumen y su mayor cambio se presenta en los primeros 15 días del almacenamiento. Pero al igual que en la pérdida de peso, las limas provenientes de la Libertad presentaron una menor reducción del diámetro ecuatorial, seguido de Lebrija y Nataima respectivamente. El portainjerto afectó el comportamiento de esta variable en la semana 2, 3 y 4, mientras que la localidad mostró diferencias significativas desde la semana uno. Puede decirse que el portainjerto Cleopatra cultivado en Lebrija favorece frutos más grandes, mientras que los más pequeños fueron encontrados en Nataima y correspondieron a Sunki * English.

Estos resultados indican, que la lima ácida Tahití de las tres localidades mantiene un diámetro ecuatorial dentro de los rangos comercializados en el mercado internacional y nacional durante 40 días de almacenamiento.

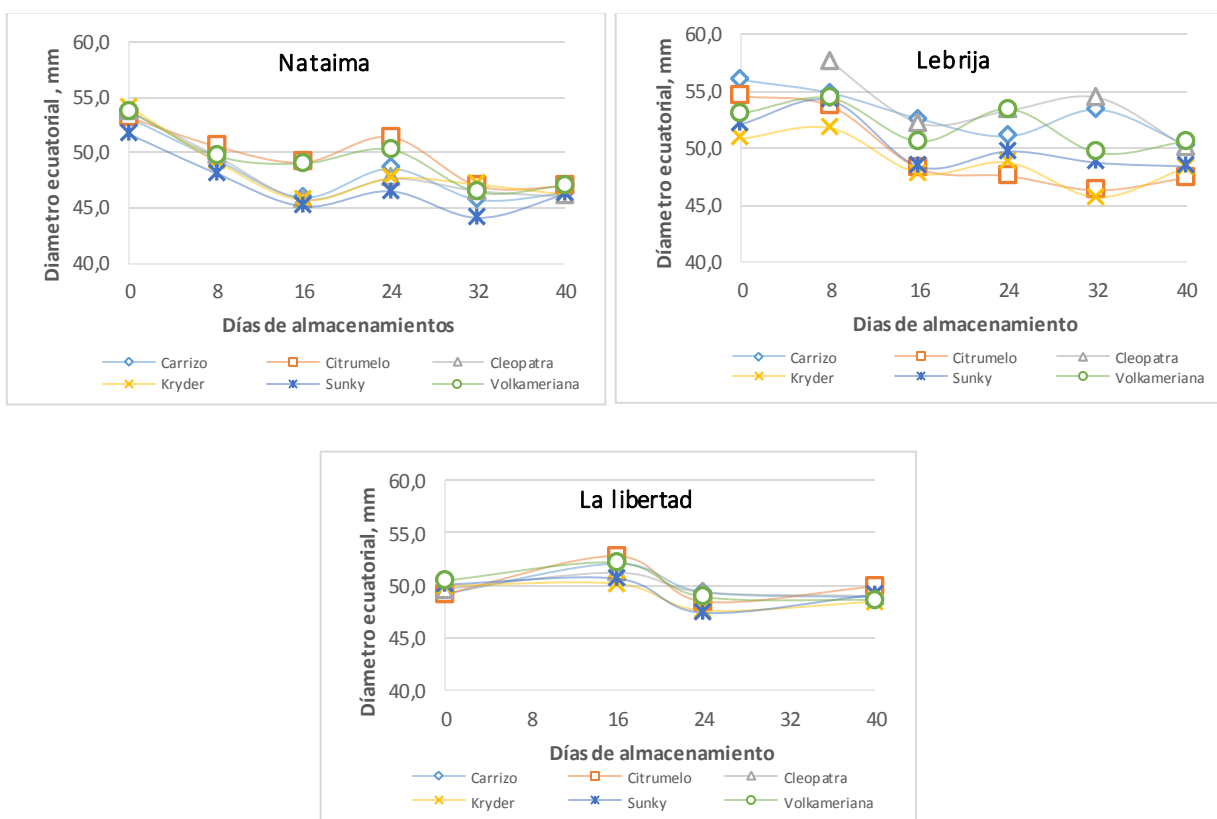


Figura 12. Cambio de diámetro ecuatorial durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

El diámetro polar de la lima ácida Tahití mostró disminución a través del periodo de almacenamiento para las tres localidades. La lima de La Libertad presentó una reducción entre el 3% (Citrumelo) y el 9% (Sunki*English) al cabo de los 40 días de almacenamiento. La lima de Nataima en sus diferentes portainjertos presentaron una disminución entre 12.2 y 15.9 %, siendo nuevamente Citrumelo el que reportó la menor disminución en el diámetro. Lebrija presentó una disminución entre 8.6 y 10.01, pero en este caso Citrumelo fue el de mayor disminución y Carrizo con la menor disminución (Figura 13).

La localidad marcó diferencias significativas en el cambio en el diámetro polar durante la semana una y dos, tres y cinco, siendo Lebrija la que reporta menor reducción del diámetro; mientras que el portainjerto solo marco diferencias importantes durante la primera y cuarta semana de almacenamiento, siendo Cleopatra la que marcó mayores tamaños.

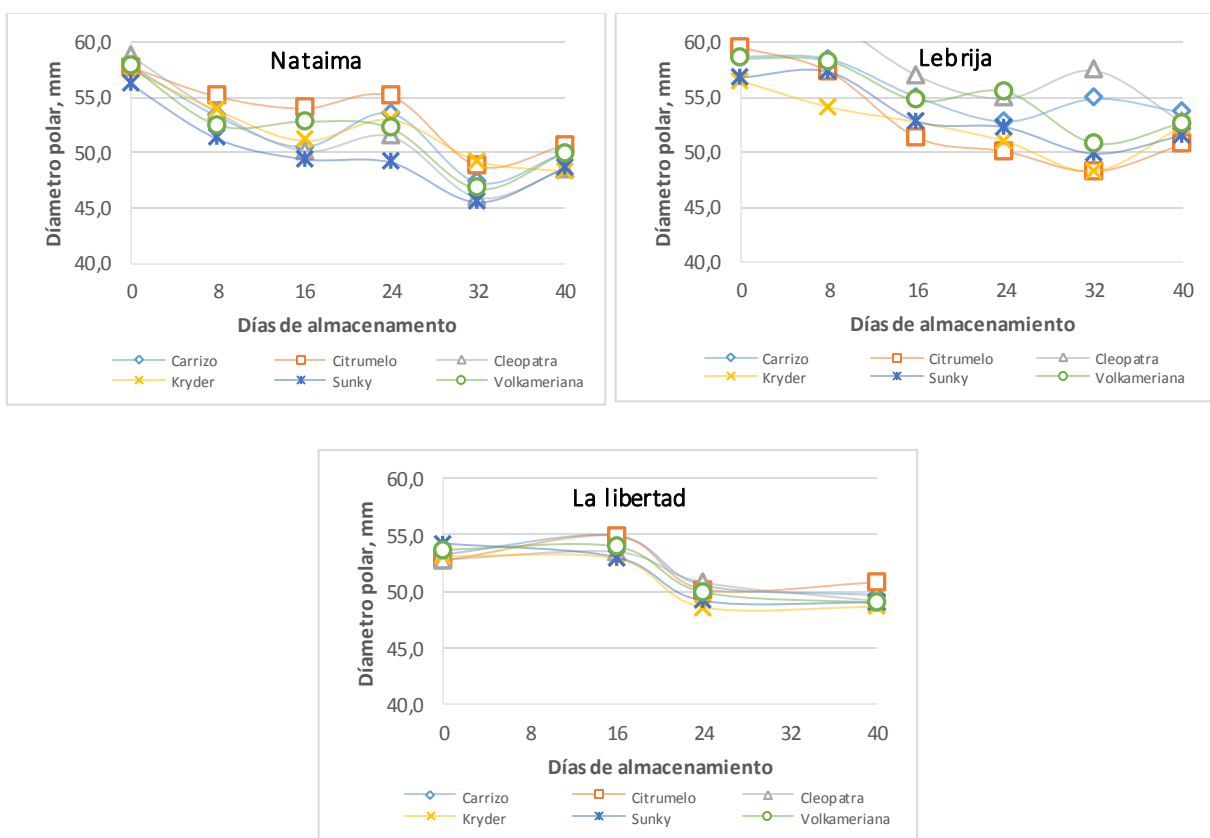


Figura 13. Cambio de diámetro polar durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.1.3 Firmeza

La Figura 14, presenta los cambios en la firmeza de la lima ácida Tahití durante el almacenamiento al ambiente. Para todas las localidades la fruta sufre inicialmente una reducción de la firmeza relacionado con el proceso de ablandamiento de los tejidos por acción enzimática (Chitarra y Chitarra, 2005). Sin embargo, posteriormente se observa un aumento en los valores de la firmeza, debido probablemente a la pérdida de humedad del flavedo y albedo del fruto que hizo que se tornará más rígido, y así proporcionar mayor valor de firmeza. Algo semejante reporta Araujo *et al.* (2015), quienes observaron a partir del tercer día de almacenamiento de la lima ácida Tahití la piel de la fruta se hizo más rígida registrando valores de firmeza más altos.

Para las limas proveniente de Lebrija se puede observar que mantiene por mayor tiempo su firmeza, no obstante, después del día 24 se presenta un cambio muy rápido, haciéndose más dura. Para las limas proveniente de Nataima el cambio es paulatino, mostrando un incremento de la firmeza desde el día 8 del almacenamiento. En cuanto a los portainjertos no se observan diferencias importantes entre ellos, pero si es evidente la diferencia en el cambio de la firmeza entre localidades. Esto puede ser originado por el mayor contenido de jugo que presentaron los frutos de Lebrija por lo cual el cambio de la firmeza fue más lento. También fue una constante en todos el hecho que todas las limas se hacían más duras alcanzando valores de firmeza superiores a los 10 kgf.

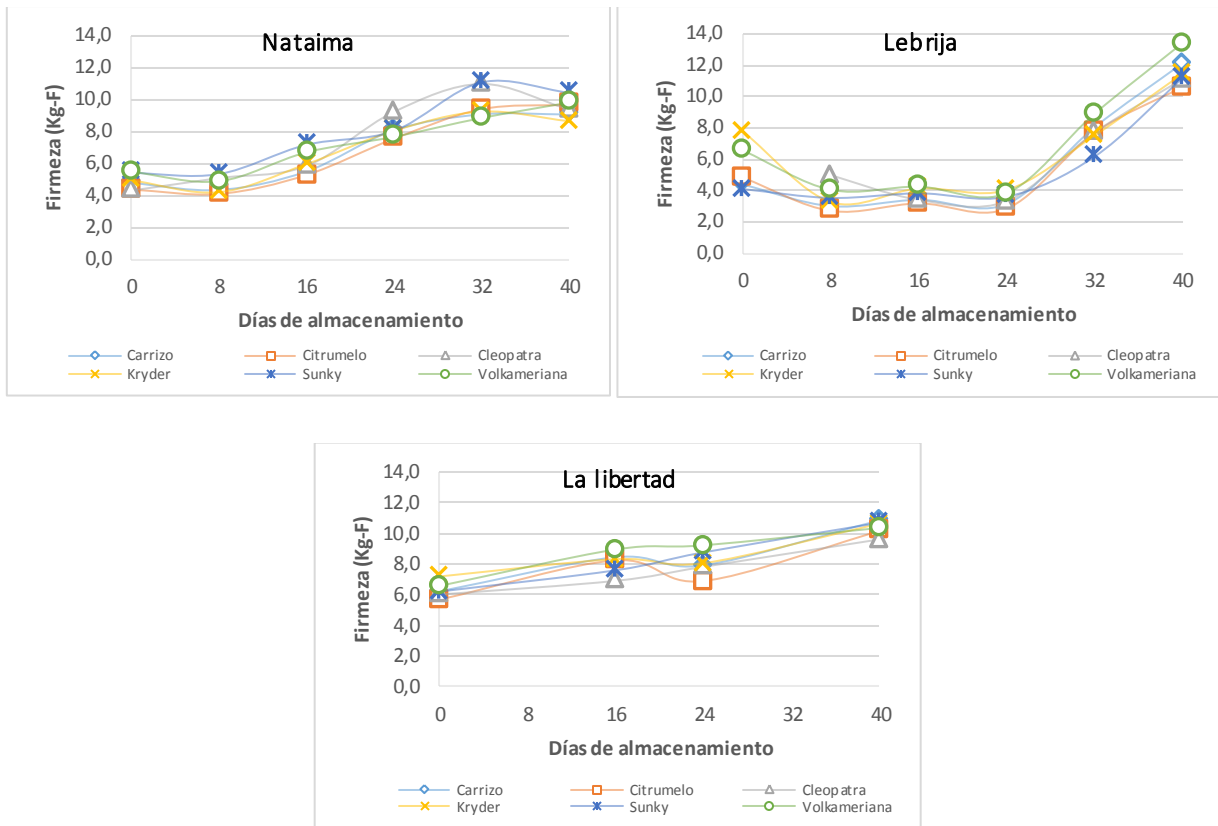


Figura 14. Cambio de la firmeza durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.1.4 Porcentaje de jugo (%)

En la figura 15, se puede observar que durante el periodo de almacenamiento en las tres localidades se observa un aumento en porcentaje de jugo en los diferentes portainjerto. Las limas proveniente de Lebrija desde el inicio y durante el periodo mostraron mayor porcentaje de jugo respecto a Nataima y La libertad, donde los portainjertos Citrumelo y Kryder muestran mayores porcentajes de jugo al inicio y mejor estabilidad a largo del almacenamiento. Por su parte Nataima mostró en sus diferentes portainjerto mayor aumento del porcentaje de jugo en las primeras semanas de almacenamiento y a partir los días 32 y 40 mayor estabilidad, siendo Kryder y Sunki*E los de mejor estabilidad en almacenamiento. La libertad a la igual

que las demás localidades sufrió un aumento en el porcentaje de jugo, siendo Sunki y Volkameriana los de mejor estabilidad durante el periodo de almacenamiento.

Es evidente que las localidades influyen en el porcentaje de jugo, siendo Lebrija la localidad con fruto de mayor porcentaje de jugo, seguido de Nataima y La libertad. Sin embargo, al finalizar el periodo de almacenamiento todos los portainjertos de las diferentes localidades presentaron valores de porcentaje de jugo por encima de los 40 %, este aumento puede atribuir a la deshidratación externa que sufre la fruta durante el almacenamiento, afectando la relación residuo/contenido de jugo, viéndose reflejando en el aumento del contenido de jugo en la frutos. Castellanos *et al.* (2016) reportaron porcentaje de jugo para lima ácida Tahití almacenada a 18°C, de 44.84 %, datos similares a los del presente estudio.

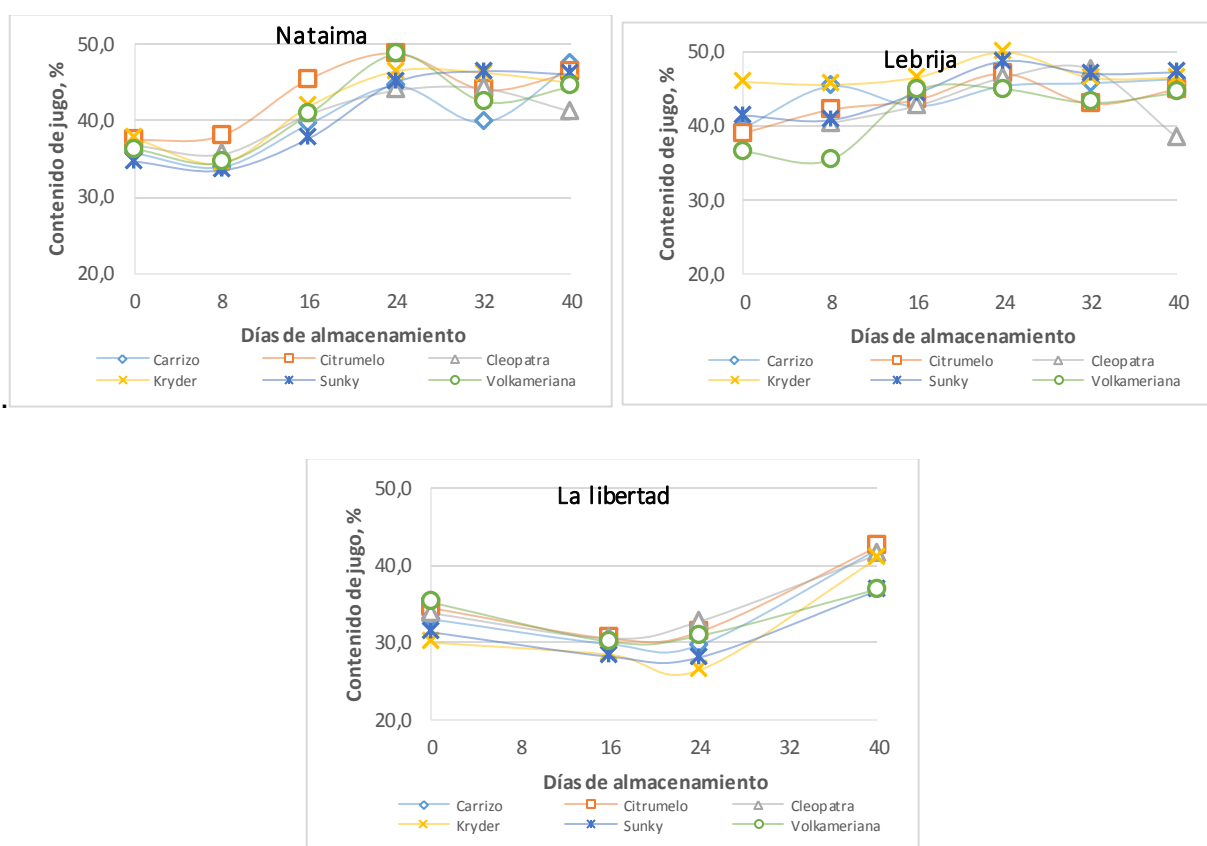


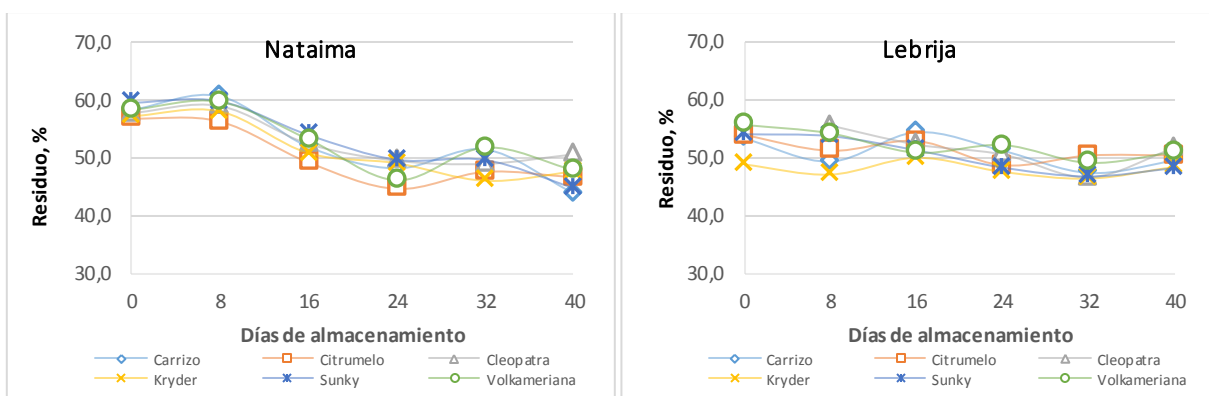
Figura 15. Cambio de contenido de jugo durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.1.5 Porcentaje de residuo (cáscara y bagazo)

El porcentaje de cáscara tiene un comportamiento inverso al porcentaje de jugo, dado que al incrementar uno disminuyó el otro (Figura 16), la localidad de Lebrija presenta el menor porcentaje de residuo debido a que posee mayor porcentaje de jugo y en especial los portainjertos Citrumelo y Kryder. A diferencia de Nataima y la libertad que posee mayor contenido de residuo en las primeras semanas, siendo el portainjerto Citrumelo el de menor porcentaje para todas las localidades.

Observando los resultados de pérdida de peso, en el cual se observan pérdidas de hasta el 40%, mientras que el porcentaje de jugo aumenta y el de porcentaje de residuo, disminuye, se puede proponer que la pérdida de peso se debe en gran medida a la pérdida de humedad de la cáscara, (reflejado en la mayor dureza de la lima), y por ende se observará una disminución de su peso y con ello del % en el peso total de la fruta; mientras que la pérdida de jugo posiblemente no sea alta, como se observa en las gráficas respectivas y por el contrario su contenido relativo se incrementa por la disminución del peso de la cáscara.

Solamente al cabo de la primera semana de almacenamiento se encontraron diferencias significativas tanto por el portainjerto como por la localidad para esta variable, pero su interacción no. Durante el resto del almacenamiento no se encontró ninguna diferencia ocasionada por el portainjerto o localidad.



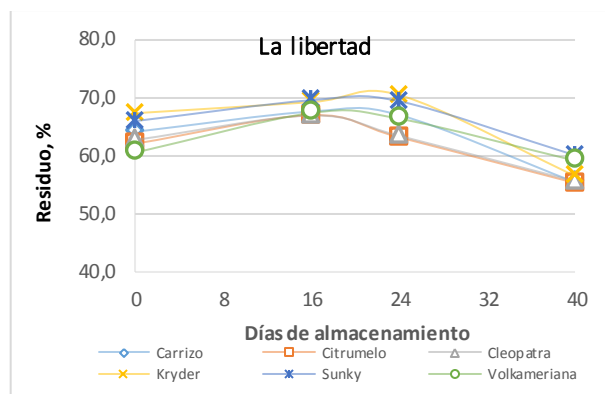


Figura 16. Cambio del porcentaje de residuo (cáscara y bagazo) durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima proveniente de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.2 Características fisicoquímicas

4.2.2.1 Sólidos solubles totales (SST)

Las frutas provenientes de Nataima presentaron contenidos de sólidos solubles totales iniciales alrededor de 8°Brix, La Libertad de 10°Brix y Lebrija entre 9 y 10°Brix. Estos valores se mantuvieron estables para Nataima, con un leve aumento durante el almacenamiento, mientras que Lebrija y La Libertad, mostraron un incremento más rápido debido probablemente más a la deshidratación que al desdoblamiento de los carbohidratos, dado que la lima es una fruta no climatérica (figura 17). En general los portainjertos Citrumelo y Volkameriana en las tres localidades presentaron mejor estabilidad de SST durante su periodo de almacenamiento, aun presente diferente concentración de SST.

Exceptuando la semana de inicio, en todas las demás semanas se presentaron diferencias significativas tanto por el portainjerto como por la localidad y por su interacción. Sobresale Citrumelo como el que reporta mayores valores de SST, mientras Volkameriana reporta los menores contenidos de SST.

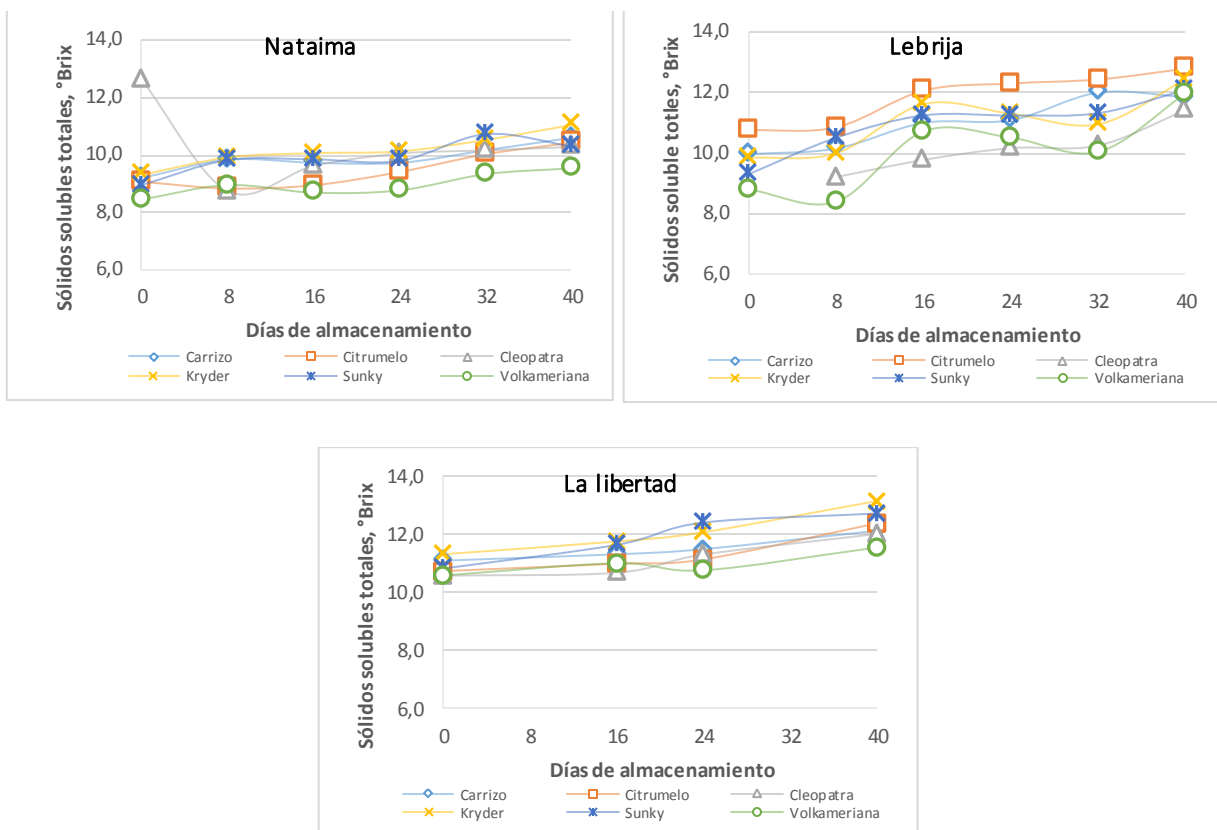


Figura 17. Cambio en el contenido de sólidos solubles (SST) durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.2.2 pH

La Figura 18, muestra el pH de limas provenientes de Nataima, Lebrija y la libertad en donde se puede observar que las limas provenientes de Lebrija en el tiempo 0 presentan un pH más alto frente a las de Nataima y la libertad, sin embargo, durante el periodo de almacenamiento en las tres localidades, se puede apreciar que se mantiene en rango de 2.1 a 2.7. Respecto a los portainjertos, no se observan mayores diferencias entre ellos.

Los resultados estadísticos muestran unas diferencias estadísticas significativas para el comportamiento del pH durante el almacenamiento debido principalmente a la localidad. Aunque en la semana uno y cuatro el portainjerto parece ejercer una influencia sobre la estabilidad del pH de las limas

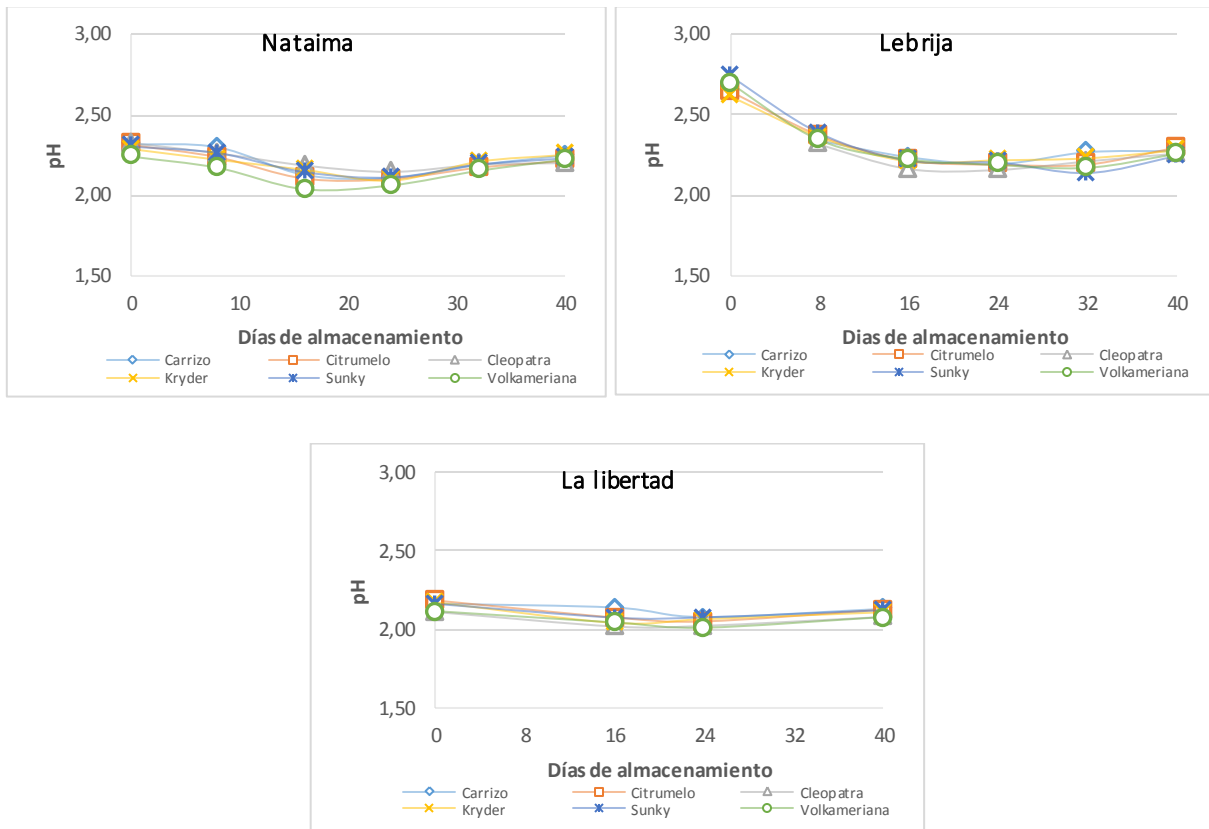


Figura 18. Cambio del pH durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.2.3 Acidez total (AT)

La acidez total indica la cantidad de ácidos orgánicos contenido en un fruto, los cuales son importante por generar el sabor ácido del fruto. (Ladaniya, 2008)

La Figura 19, permite observar el comportamiento de la acidez durante el almacenamiento los portainjertos de lima provenientes de Nataima, Lebrija y la Libertad. Los resultados muestran que el portainjerto influye sobre la dinámica de la acidez total titulable a lo largo del almacenamiento y en menor grado la localidad. Entre las localidades se puede ver como Nataima presenta menores valores de acidez que los de Lebrija y la libertad al inicio del almacenamiento, pero comienzan a

incrementar después de los 16 días, mientras que los de Lebrija permanecen estables, oscilando alrededor de 5 y 7,2. Por su parte la libertad presenta los valores más altos de AT desde el inicio con valores mayor 7 en los diferentes portainjertos.

En relación a los portainjertos, todos presentan una reducción en la primera semana, para aumentar posteriormente. Se observa que inicialmente Citrumelo y Sunki*E presentan menores valores de acidez los cuales aumentaron a lo largo del almacenamiento hasta el punto de ser los de mayor acidez. Este comportamiento que parece erróneo, dado que los ácidos orgánicos que están almacenados en la vacuola disminuyen cuando estos entran al ciclo de ácido cítrico o ciclo de Krebs y experimentan una conversión metabólica (Paliyath y Murr, 2006) para liberar energía. De manera tal que el aumento de la acidez (concentración de ácido cítrico), pudo ser originado por la deshidratación que sufrieron las limas, lo cual se vio reflejado en una concentración de los ácidos, más no por el aumento neto de los mismos.

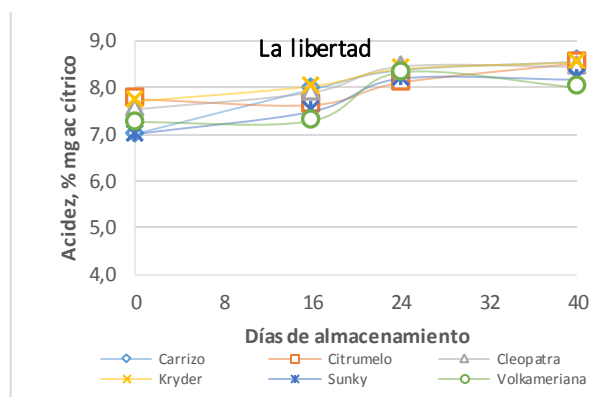
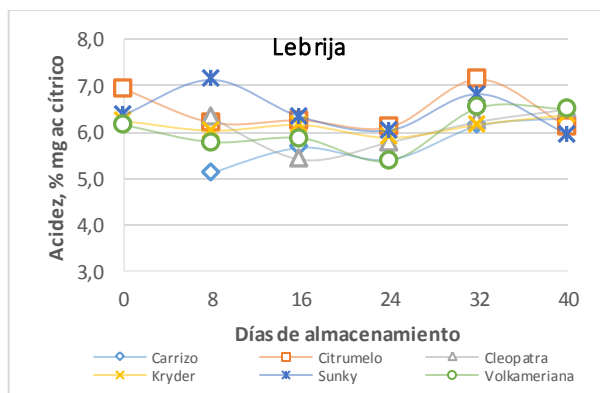
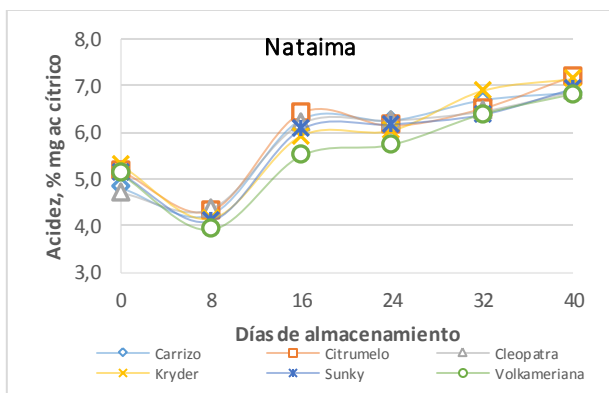


Figura 19. Cambio de acidez total durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.2.2.4 Relación sólidos solubles totales / Acidez total (SST/AT)

De acuerdo con la figura 20, se observa la evolución de la relación SST/AT de las limas provenientes de Nataima, Lebrija y La libertad presentaron diferencias significativas debido a la localidad más que al portainjerto. Sin embargo este parámetro es dependiente de la acidez y el contenido de sólidos solubles totales, por lo cual la explicación al comportamiento encontrado puede ser explicada por los cambios en la acidez y sólidos solubles que sufrieron las limas. Así en el caso de Nataima el aumento fuerte de la acidez después de la segunda semana ocasionó la reducción de la relación SST/AT. En el caso de Lebrija los SST incrementaron en mayor proporción que los ácidos por lo cual esta relación presentó un leve incremento. Finalmente en el caso de La Libertad el fuerte aumento de la acidez y el bajo cambio en los sólidos se refleja en una reducción de esta relación, como se puede corroborar en la figura 16. Es así como Lebrija mantuvo los valores de IM más altos a lo largo del almacenamiento. En relación a los portainjertos aunque se encontraron diferencias significativas en algunas semanas no se ve un comportamiento constante que permita identificar cual portainjerto presenta mayor o menor relación de SST/AT a lo largo del almacenamiento, sino que estos son cambiantes.

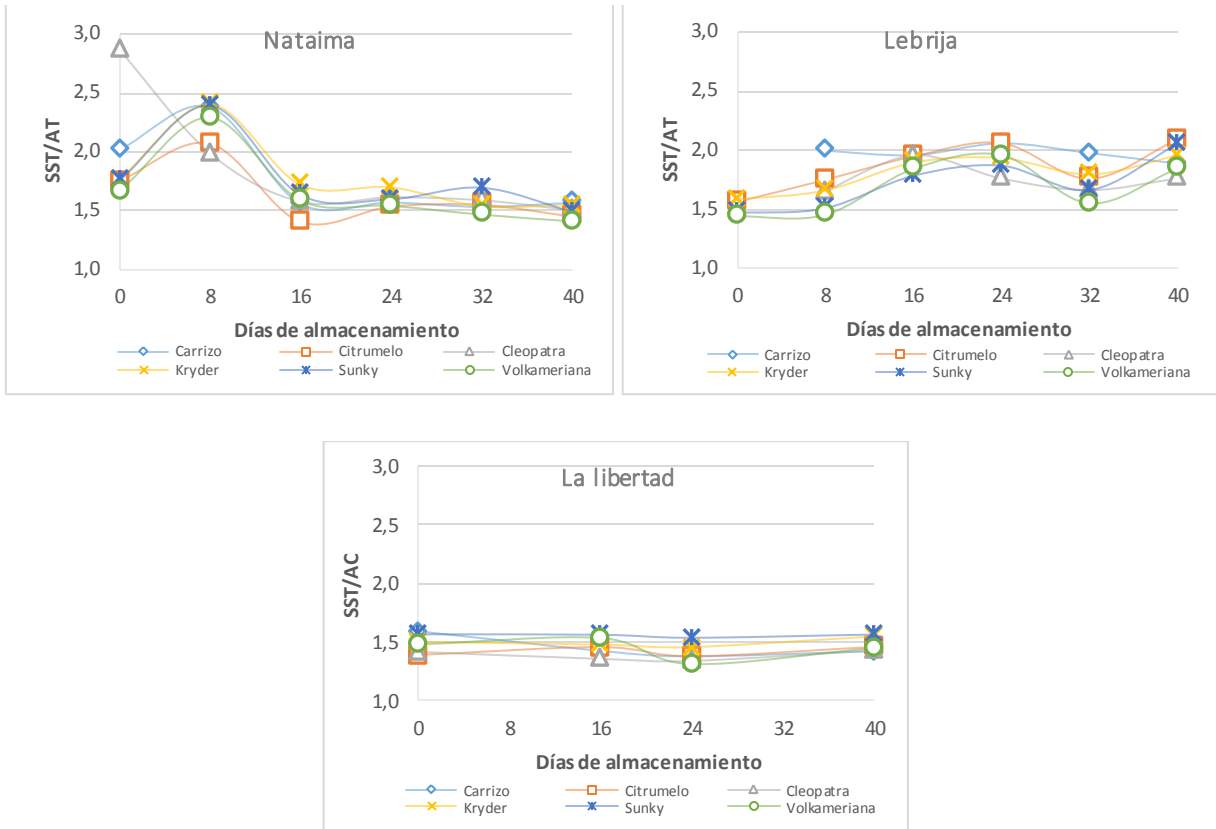


Figura 20. Cambio de acidez total durante el almacenamiento a temperatura ambiente de seis portainjertos de lima provenientes de tres localidades Nataima, Lebrija y la libertad.

4.3 Comportamiento de lima ácida Tahití injertada en tres diferentes portainjertos y proveniente de tres localidades, almacenadas a diferentes condiciones.

4.3.1 Características físicas

4.3.1.1 Pérdida de peso (PP)

Para la localidad de Nataima, se observaron diferencias significativas en la PP de la lima ácida Tahití por efecto del almacenamiento. Los frutos que fueron almacenados en refrigeración (10°C) para el caso de empacado refrigerado, hipoclorito y refrigerado, mostraron en promedio 7.4 % menor PP en comparación con los frutos almacenados a temperatura ambiente después de 25 días de almacenamiento (Tabla 20). Esta disminución es debida principalmente a la deshidratación que sufre las limas en el periodo de almacenamiento.

El almacenamiento con hipoclorito y posterior refrigeración para los diferentes portainjertos a los 25 y 35 días de almacenamiento reportan las menor perdida, en especial el portainjerto Kryder que reporto a los 35 días una PP de 13.6%, destacando como una buena alternativa de conservación del fruto para la localidad de Nataima.

En el caso de los frutos almacenados: a temperatura ambiente, los frutos del portainjerto Volkameriana mostraron el menor porcentaje de PP (12.6 %) después de 25 días de almacenamiento (Tabla 20) en comparación con todos los portainjertos analizados. A diferencia de Rivera *et al.* (2009) que encontró PP (13%) en limas injertadas en Flying Dragon en comparación con el portainjerto Volkameriana que perdió 30% de PP después de 20 días de almacenamientos a 25°C, datos que va en desacuerdo con los reportados en el resultados.

Tabla 20. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable pérdida de peso de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	PÉRDIDA DE PESO (%)	
		25 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	14,2 ^a	24,7 ^a
	Empacado refrigerado	8,3 ^{bc}	16,1 ^b
	Hipodorito refrigerado	5,2 ^c	15,5 ^b
	Refrigerado	5,1 ^c	15,9 ^b
KRYDER	Ambiente	13,7 ^a	25,9 ^a
	Empacado refrigerado	6,7 ^c	14,1 ^b
	Hipoclorito refrigerado	4,7 ^c	13,6 ^b
	Refrigerado	7,1 ^c	16,9 ^b
VOLKAMERIANA	Ambiente	12,6 ^{ba}	24,8 ^a
	Empacado refrigerado	7,2 ^c	14,3 ^c
	Hipoclorito refrigerado	4,8 ^c	14,5 ^c
	Refrigerado	5,0 ^c	17,5 ^c
Error estándar		1,04	0,78

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Para la localidad de Lebrija al igual que Nataima se observaron diferencia significativa en la PP en la lima ácida Tahití por efecto del almacenamiento, especialmente el almacenamiento ambiente que para los 25 días de almacenamiento, mostro valores entre 19.6 y 22.2 % de PP, valores que se considera alto, observando el comportamiento por Nataima a los mismos días almacenamiento para los diferentes portainjertos. Sin embargo a los 35 días las PP para los diferentes portainjertos almacenado al ambiente es muy similar a los generados por la localidad Nataima muy cercano a los 24 % (Tabla 21).

Para los demás almacenamiento (10°C) no mostraron diferencia significativa entre los diferentes portainjertos a los 25 días de almacenamiento, sin embargo el almacenamiento empacado refrigerado presenta menor valor para los portainjertos Kryder y Volkameriana de 7.4 y 6.1 % respectivamente. Para los 35 días de

almacenamiento fue evidente que el tratamiento empacado refrigerado, mostro el mejor resultado para los diferentes portainjertos, mostrando 15,8 % menos perdida respecto al almacenamiento ambiente y 3,8 % respecto al demás almacenamientos (Tabla 21). Rarificando que las envolturas plásticas presento un efecto retardante sobre la perdida de pesos en las limas. Espinoza *et al.* (2008), reportaron reducción de pedidas de pesos en frutos de maracuyá implementado bolsa de polipropilenos con perforaciones. Gómez *et al.* (1999) manifiestan que la baja temperatura (10°) en combinación con el empaque de plástico, ejercen un efecto más pronunciado sobre la pérdida de vapor de agua a través de la corteza del fruto, pudiendo reducir la velocidad del proceso de maduración y mantener una mejor apariencia externa.

Tabla 21. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable pérdida de peso de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	PÉRDIDA DE PESO (%)	
		25 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	19,6 _a	24,7 _a
	Empacado refrigerado	7,7 _b	9,2 _b
	Hipoclorito refrigerado	7,0 _b	12,9 _b
	Refrigerado	6,7 _b	13,0 _b
KRYDER	Ambiente	22,2 _a	26,5 _a
	Empacado refrigerado	7,4 _b	9,4 _b
	Hipoclorito refrigerado	7,7 _b	14,5 _b
	Refrigerado	7,3 _b	14,3 _b
VOLKAMERIANA	Ambiente	20,9 _a	25,6 _a
	Empacado refrigerado	6,1 _b	10,8 _b
	Hipoclorito refrigerado	7,1 _b	12,6 _b
	Refrigerado	7,5 _b	14,3 _b
Error estándar		1,07	0,97

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Para la localidad de La Libertad, al igual que las demás se observó una disminución del peso de la lima ácida Tahití con el transcurrir del tiempo, especialmente en el almacenamiento al ambiente que reporta PP para el portainjerto Volkameriana de 33 % a los 35 días, seguido de hipoclorito y refrigerado con 28.2 y 23.8 %, para el mismo portainjerto (Tabla 22). El almacenamiento empacado refrigerado sigue siendo el tratamiento más efectivo para la disminución PP de las limas en almacenamiento, así mismo el portainjerto Kryder reporto menor perdida a los 25 y 35 días, con 7.4 y 12.3 %, respecto a los demás portainjertos, considerándose como una buena alternativa.

Tabla 22. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable pérdida de peso de las limas, localidad la libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	PÉRDIDA DE PESO	
		25 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	24,6 _b	-
	Empacado refrigerado	8,1 _{fe}	13,9 _e
	Hipoclorito refrigerado	11,8 _{dc}	24,5 _{bc}
	Refrigerado	8,5 _{fe}	21,5 _c
KRYDER	Ambiente	24,2 _b	-
	Empacado refrigerado	7,4 _f	12,3 _e
	Hipoclorito refrigerado	10,4 _{dce}	21,3 _c
	Refrigerado	9,0 _{dfe}	19,8 _c
VOLKAMERIANA	Ambiente	27,6 _a	33,2 _a
	Empacado refrigerado	7,9 _e	15,1 _{de}
	Hipoclorito refrigerado	13,2 _c	28,2 _{ba}
	Refrigerado	10,6 _{dce}	23,8 _{bc}
Error estándar		0,58	1,05

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Es evidente que el uso de empaque plásticos, ayuda a la disminución de las pérdidas de peso durante el periodo de almacenamiento, siendo el peso del fruto una variable importante desde el punto de vista económico, ya que a menor pérdida de peso en

almacenamiento mayor rentabilidad, debido a que la comercialización de la lima se realiza en pesos (kg). La lima ácida Tahití injertada en sus diferentes portainjerto a los 35 días de almacenamiento a temperatura de 10°C, mostraron peso adecuado para su comercialización, sin embargo el uso empaque disminuyó en un 3 % las pérdidas de pesos respecto a los demás almacenamientos a 10° C. La temperatura es un factor que influye en la calidad de las limas, a menor temperatura disminuyendo la respiración retardando la senescencia de los frutos y prolongando la vida poscosecha. (Espinosa *et al.*, 2008).

4.3.1.2 Color (luminosidad, cromaticidad y hue)

Inicialmente, los valores de luminosidad se mantuvieron sin presentar diferencias significativas entre los diferentes portainjertos y almacenamientos para la localidad Nataima (Tabla 23), sin embargo a los 35 días, se evidenció un incremento en los valores para los almacenamientos: Empacado, Hipoclorito y refrigerado, esto indica que el componente cambia durante el almacenamiento a bajas temperaturas (10°C), destacando el almacenamiento empacado refrigerado por mantener al final el mayor promedio en los diferentes portainjertos de 47.9, siendo Volkameriana el portainjerto de mayor luminosidad con 48.9; por su parte el almacenamiento ambiente presentó valores por debajo del inicial en los diferentes portainjertos. Alía *et al.* (2011) encontró comportamientos similares, donde valores iniciales entre 38 y 40 posteriormente se incrementaron a 51.

Para el croma (C*) en los tres portainjertos y almacenamientos no presentaron diferencias significativas, sin embargo hay una disminución durante el periodo de almacenamiento, indicando que el color verde se fue haciendo menos intenso o puro (Tabla 23). El almacenamiento refrigerado muestra menor pérdida durante todo el periodo, siendo Volkameriana el portainjerto con mayor valor de croma con 31.2. Por su parte Raddatz (2011) encontró que los frutos injertados sobre Volkameriana mostraron los mayores valores de L* y C* en comparación con los otros portainjertos y temperaturas de 7 y 25°C.

Por otra parte, en los diferentes portainjertos y almacenamiento utilizado se observó una disminución en el valor del ángulo Hue, durante el periodo de almacenamiento, indicando que el color de la fruta pasa hacer más amarilla al final del periodo, siendo más evidente para los frutos almacenados al ambiente en los diferentes portainjertos. Esta disminución en los valores de Hue puede ser explicada por el proceso de senescencia donde el color verde de los frutos se pierde por la degradación de clorofilas y a su vez los frutos adquieren un color verde-amarillo por la presencia de carotenos (Álvarez *et al.*, 2008).

Tabla 23. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para las variables Luminosidad (L*), Croma (C*), Hue (h*) de las limas, localidad de Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	L*		C*		h*	
		0 día	35 días	0 día	35 días	0 día	35 días
CITRUMELO	Ambiente	43,9 _a	43,9 _{bdc}	32,5 _a	29,4 _a	101,6 _{bdac}	93,4 _b
	Empacado refrigerado	44,8 _a	47,3 _{bac}	32,9 _a	27,8 _a	100,1 _{de}	100,5 _a
	Hipoclorito refrigerado	43,4 _a	46,9 _{bac}	28,9 _a	27,4 _a	99,9 _{de}	99,7 _a
	Refrigerado	43,7 _a	46,4 _{bdac}	30,4 _a	30,9 _a	100,9 _{bdec}	100,2 _a
KRYDER	Ambiente	43,7 _a	42,3 _d	29,5 _a	28,5 _a	102,3 _{ba}	92,4 _b
	Empacado refrigerado	44,0 _a	47,5 _{ba}	30,5 _a	26,4 _a	100,9 _{bdec}	99,7 _a
	Hipoclorito refrigerado	44,1 _a	46,9 _{bac}	29,9 _a	27,0 _a	99,8 _e	100,9 _a
	Refrigerado	44,2 _a	45,7 _{bdac}	31,0 _a	30,6 _a	100,5 _{bec}	100,7 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	44,4 _a	42,9 _{dc}	31,2 _a	28,4 _a	101,9 _{bac}	93,4 _b
	Empacado refrigerado	45,6 _a	48,9 _a	32,7 _a	27,1 _a	103,1 _a	99,8 _a
	Hipoclorito refrigerado	45,4 _a	48,9 _a	32,6 _a	28,4 _a	99,5 _e	99,8 _a
	Refrigerado	44,0 _a	44,6 _{bdac}	32,7 _a	31,2 _a	99,8 _e	101,5 _a
Error estándar		0,77	0,84	1,20	1,30	0,35	0,55

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En la tabla 24, se muestra la luminosidad para la localidad de Lebrija donde se percibe un aumento a medida que pasa el periodo de almacenamiento, siendo el almacenamiento hipoclorito el presente los valores más altos para los tres portainjertos, entre 43.8 y 44.2., donde Kryder mantuvo el mayor valor con 44.2 de

luminosidad. Lebrija a diferencia de la localidad de Nataima, presento aumento en las variables croma y Hue en los diferentes portainjertos y almacenamientos, a excepción del ambiente que presento mayor disminución debido al proceso senescencia que presenta el fruto y por tanto pierde color verde el flavedo. Los almacenamientos: Empacado refrigerado, Hipoclorito y refrigerado, mantuvieron temperaturas menor al ambiente (10°) por tanto los frutos en el tiempo mantuvieron mayor brillos e intensificaron su color verde durante todo su periodo de almacenamiento, sin embargo el empaque para los frutos sigue siendo muy favorable para el mantenimiento del color verde del flavedo como se puede evidenciar en la tabla 24.

Tabla 24. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para las variables Luminosidad (L*), Croma (C*), Hue (h*) de las limas, localidad de Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	L*		CROMA		HUE	
		0 día	35 días	0 día	35 días	0 día	35 días
CITRUMELO	Ambiente	40,3 _a	39,9 _{bc}	27,0 _a	24,1 _{ba}	101,1 _{bac}	97,2 _b
	Empacado refrigerado	39,5 _a	41,1 _{bac}	22,6 _{ebdac}	24,9 _{ba}	101,9 _{ba}	104,5 _a
	Hipoclorito refrigerado	40,3 _a	43,8 _{ba}	24,2 _{ebdac}	26,6 _{ba}	99,9 _{bc}	103,5 _a
	Refrigerado	39,5 _a	43,6 _{ba}	20,1 _e	28,0 _{ba}	101,7 _{bac}	103,0 _a
KRYDER	Ambiente	40,4 _a	40,6 _{bac}	26,7 _{ba}	24,5 _{ba}	99,6 _c	95,0 _b
	Empacado refrigerado	39,5 _a	43,3 _{bac}	23,2 _{ebdac}	29,4 _a	101,6 _{ba}	103,9 _a
	Hipoclorito refrigerado	41,1 _a	44,2 _a	24,9 _{bdac}	28,0 _{ba}	100,0 _{bc}	103,3 _a
	Refrigerado	40,2 _a	42,6 _{bac}	21,6 _{edc}	27,3 _{ba}	101,8 _{bac}	103,6 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	40,1 _a	39,6 _c	25,0 _{bac}	23,7 _b	100,4 _{bac}	96,1 _b
	Empacado refrigerado	39,3 _a	41,9 _{bac}	22,7 _{ebdac}	28,3 _a	102,3 _a	104,4 _a
	Hipoclorito refrigerado	40,1 _a	43,9 _a	23,7 _{ebdac}	27,9 _{ba}	100,2 _{bac}	103,7 _a
	Refrigerado	40,4 _a	42,3 _{bac}	20,8 _{es}	26,7 _{ba}	101,6 _{bac}	103,5 _a
Error estándar		0,40	0,84	0,88	1,07	0,44	0,61

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

La localidad de La Libertad presento aumento en las tres variables (L*, C* h*) para los diferentes portainjertos y almacenamiento, a excepción del ambiente que para los 35 días el fruto no se encontraba en condiciones comercializable, por tanto no se presentó datos. Para los diferentes portainjertos y almacenamiento no es evidente una diferencia significativa marcada, sin embargo al igual que las demás localidades el empaque es fundamental a la hora de mantener el color verde del flavedo de los frutos, ya que actúa como una barrera entre el medio y el fruto evitando así la deshidratación del fruto y el aumento de la senescencia (Tabla 25).

Tabla 25. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para las variables Luminosidad (L*), Croma (C*), Hue (h*) de la limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	L*		CROMA		HUE	
		0 día	35 días	0 día	35 días	0 día	35 días
CITRUMELO	Ambiente	41,0 _{ba}	-	23,1 _{bc}	-	101,6 _a	-
	Empacado refrigerado	42,2 _{ba}	45,6 _{ba}	26,5 _{bac}	31,9 _{bdac}	100,6 _a	101,0 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	42,1 _{ba}	44,7 _{ba}	26,2 _{bac}	27,1 _{dc}	101,7 _a	98,7 _{bc}
	Refrigerado	41,3 _{ba}	43,8 _b	25,9 _{bac}	33,1 _{bac}	101,3 _a	100,6 _{bac}
KRYDER	Ambiente	41,8 _{ba}	-	22,0 _c	-	101,2 _a	-
	Empacado refrigerado	43,6 _a	45,5 _{ba}	29,2 _a	34,4 _{ba}	101,1 _a	99,7 _{bac}
	Hipoclorito refrigerado	43,0 _{ba}	44,7 _{ba}	27,2 _{ba}	28,9 _{bdc}	101,2 _a	99,4 _{bac}
	Refrigerado	43,6 _a	47,2 _a	28,6 _a	36,6 _a	101,4 _a	98,1 _{bac}
VOLKAMERIANA	Ambiente	42,1 _{ba}	-	23,1 _{bc}	-	101,1 _a	-
	Empacado refrigerado	41,0 _{ba}	44,0 _{ba}	25,1 _{bac}	29,7 _{bdc}	101,0 _a	101,9 _a
	Hipoclorito refrigerado	40,4 _b	42,4 _b	23,0 _{bc}	25,6 _{dc}	101,2 _a	99,3 _{bac}
	Refrigerado	41,3 _{ba}	44,5 _{ba}	26,8 _{bac}	28,5 _{dc}	100,4 _a	100,0 _{bac}
Error estándar		0,68	0,72	1,09	1,48	0,43	0,62

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.1.3 Pesos

Los frutos de lima ácida Tahití para la localidad de Nataima iniciaron con un promedio de 79.1 g entre los diferentes portainjertos, Donde Kryder presento los frutos de

mayor pesos y homogéneidad entre 81.8 y 84.2 g, (Tabla 26). Sin embargo al transcurrir el periodo de almacenamiento, los frutos pierden pesos en especial al ambiente que al poseer mayor temperatura, los frutos sufrieron mayor deshidratación de la corteza con valores entre 52.8 y 59.6 g, a los 35 días en los diferentes portainjertos. Asimismo Castellanos *et al.*, (2016) manifestó que los frutos almacenados a mayor temperatura aumenta la transpiración y por tanto el fruto pierde más humedad.

Tabla 26. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable peso de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Peso (g)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	76,2 _a	78,6 _{bc}	64,7 _a	68,2 _a	56,0 _{bc}
	Empacado refrigerado	79,5 _a	92,5 _{bac}	77,5 _a	82,1 _a	75,1 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	72,9 _a	84,9 _{bac}	63,1 _a	87,4 _a	61,7 _{bac}
	Refrigerado	75,4 _a	86,4 _{bac}	68,0 _a	79,0 _a	69,2 _{bac}
KRYDER	Ambiente	84,2 _a	81,3 _b	70,2 _a	72,2 _a	52,8 _c
	Empacado refrigerado	82,5 _a	98,5 _a	82,0 _a	76,4 _a	74,0 _{bac}
	Hipoclorito refrigerado	81,8 _a	96,8 _{ba}	72,5 _a	81,9 _a	81,6 _a
	Refrigerado	83,9 _a	92,3 _{bac}	70,3 _a	78,5 _a	67,1 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	80,1 _a	76,2 _c	73,7 _a	65,9 _a	59,6 _{bc}
	Empacado refrigerado	70,4 _a	87,1 _{bac}	77,3 _a	84,6 _a	69,8 _{bac}
	Hipoclorito refrigerado	90,1 _a	90,7 _{bac}	71,1 _a	79,8 _a	73,6 _{bac}
	Refrigerado	72,3 _a	82,6 _{bac}	65,0 _a	73,4 _a	65,4 _{bac}
Error estándar		5,07	3,59	4,45	5,10	4,11

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Respecto al tipo de almacenamiento al finalizar el periodo no es evidente una diferencia significativa marcada, no obstante el hipoclorito presento los frutos de mayor peso al final el periodo en los portainjertos Kryder y Volkameriana con 81.6 y 73.6 g respectivamente (Tabla 26).

Lebrija por su parte presento inicialmente frutos entre 60.0 y 78.6 g, para sus diferentes portainjertos, al igual que la localidad Nataima el portainjerto Kryder inicialmente mantuvo los mayores pesos entre 71.3 y 78.6 g, no obstante estos valores están por debajo de los reportados para Nataima (Tabla 27). A lo largo del periodo de almacenamiento lo frutos sufrieron perdida de humedad, donde el almacenamiento ambiente presento los frutos con mayor pérdida de humedad respecto a las demás condiciones de almacenamiento, sin embargo entre las condiciones de almacenamiento no hay diferencia significativa.

Tabla 27. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable peso de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Peso (g)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	64,7 _a	59,0 _a	62,6 _{ba}	61,1 _{ba}	65,1 _a
	Empacado refrigerado	65,2 _a	71,2 _a	71,1 _{ba}	61,5 _{ba}	64,6 _a
	Hipoclorito refrigerado	75,9 _a	64,0 _a	57,2 _b	69,8 _{ba}	62,3 _a
	Refrigerado	69,6 _a	78,5 _a	79,2 _a	64,0 _{ba}	61,8 _a
KRYDER	Ambiente	75,5 _a	64,3 _a	66,9 _{ba}	58,5 _b	53,4 _a
	Empacado refrigerado	72,3 _a	76,8 _a	69,7 _{ba}	65,1 _{ba}	64,6 _a
	Hipoclorito refrigerado	78,6 _a	67,9 _a	67,2 _{ba}	77,5 _a	61,5 _a
	Refrigerado	71,3 _a	65,4 _a	77,8 _a	60,5 _{ba}	58,3 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	60,0 _a	59,3 _a	65,0 _{ba}	56,6 _b	53,4 _a
	Empacado refrigerado	68,6 _a	64,2 _a	65,6 _{ba}	64,6 _{ba}	63,4 _a
	Hipoclorito refrigerado	68,5 _a	62,6 _a	62,5 _{ba}	65,9 _{ba}	57,9 _a
	Refrigerado	70,4 _a	75,0 _a	78,7 _a	64,6 _{ba}	59,1 _a
Error estándar		4,06	4,54	3,90	3,09	3,39

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

La localidad de la libertad, reporto los frutos de mayores pesos en los diferentes portainjertos entre 83.6 y 95.1 g, respecto a las demás localidades. Donde el

portainjerto Kryder al igual que las demás localidades mantuvo los frutos de mayor peso (Tabla 28). Durante todo el periodo de almacenamiento no hay diferencias significativas marca respecto al tipo de almacenamiento, sin embargo el almacenamiento ambiente a los 35 días, los frutos no estaban en condiciones óptimas de comercialización (Tabla 28).

En general las limas en las diferentes localidades presentaron variedad de tamaño, donde la localidad de la libertad presento frutos de mayores pesos seguido Nataima y Lebrija; el portainjerto Kryder mantuvo mayor pesos en las tres localidades, sin embargo el tipo de almacenamiento no mostraron diferencia significativa marcada en las diferentes localidades, a diferencia de ambiente que mantuvo mayores perdida de humedad. Al final del periodo (35 días) los frutos almacenados a bajas temperatura (10°C), muestra tamaño adecuado para su comercialización según la NTC-4087 que manifiesta como pesos mínimo de 42 g. Castellanos *et al.* (2016), Afirmaron que las limas ácidas Tahití, almacenadas a temperaturas mayores a 18°C, provocan mayor pérdida tanto en la humedad, como en el color verde de la piel, y endurecimiento del fruto, atribuyendo a la descomposición de la clorofila y aumento de contenido de carotenos y antocianinas, que se activan con la luz, la pérdida de agua acelera el proceso normal de modificaciones fisiológicas.

Por su parte Berdeja *et al.* (2016) reportaron diferencias significativas en pesos promedio por efecto del portainjerto de lima ácida Tahití, donde Citrumelo y Volkameriana reportaron 88.1 y 100.2 g respectivamente, valores que difieren a los encontrados en el estudio. Por su parte Dorado *et al.*, (2015) manifestaron que la interacción riego y fertilización afectó significativamente la calidad de la fruta (peso) reportando valores entre 82.3 y 95.9 g para lima ácida Tahití. Por tanto es concordante atribuir las diferencias de peso entre localidades en gran parte a las condiciones climáticas de cada localidad, la libertad presenta mayor precipitación lo que conlleva mejor absorción de nutrientes que las demás localidades, lo que refleja frutos de mayor tamaño. Según Agustí *et al.* (1995), los periodos secos, aunque sean temporales, tienden a reducir el tamaño del fruto, si no se aplica la cantidad de agua requerida por el cultivo.

Tabla 28. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable peso de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Peso (g)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	84,0 _a	70,9 _c	60,7 _{bc}	56,8 _c	-
	Empacado refrigerado	92,8 _a	88,2 _{bac}	80,9 _{bac}	78,0 _{ba}	78,0 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	94,8 _a	86,2 _{bac}	83,4 _{ba}	79,7 _{ba}	70,8 _b
	Refrigerado	88,4 _a	82,5 _{bac}	89,1 _a	80,6 _{ba}	71,8 _{ba}
KRYDER	Ambiente	85,3 _a	85,9 _{bac}	64,0 _{bdc}	67,0 _{ba}	-
	Empacado refrigerado	93,2 _a	89,7 _{bac}	91,6 _a	81,2 _{ba}	85,6 _a
	Hipoclorito refrigerado	95,1 _a	98,5 _a	88,5 _a	93,3 _a	76,4 _{ba}
	Refrigerado	94,9 _a	102,2 _a	85,6 _a	87,7 _a	76,7 _{ba}
VOLKAMERIANA	Ambiente	83,6 _a	73,0 _{bc}	59,4 _d	57,4 _c	-
	Empacado refrigerado	85,6 _a	91,7 _{bc}	84,6 _{ba}	80,0 _{ba}	78,5 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	84,3 _a	85,7 _{bac}	79,7 _{bdac}	77,4 _{ba}	70,3 _b
	Refrigerado	94,9 _a	87,7 _{bac}	84,6 _{ba}	77,0 _{ba}	80,3 _{ba}
Error estándar		3,90	3,86	4,01	3,56	2,66

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.1.4 Diámetro ecuatorial y polar

En la tabla 29, se puede observar que para la localidad de Nataima el diámetro ecuatorial para la lima ácida Tahití no presenta diferencias significativas entre portainjertos y condiciones de almacenamiento durante el periodo de evaluación. Sin embargo es evidente una disminución de esta variable durante todo el periodo de almacenamiento, debido a la deshidratación del fruto. Inicialmente se obtuvieron valores entre de 47.7 y 54.0 mm y final entre 44.7 y 49.6 mm, en los diferentes portainjertos y condiciones de almacenamiento, sin embargo Kryder mantiene los mayores valores. El diámetro polar tuvo un comportamiento similar, ya que mostró valores de inicialmente entre 56.0 y 62.3 mm y una disminución finales entre 45.8 y 58.5 mm, para los diferentes portainjertos. A los 35 días mostro diferencias significativas marca entre los condiciones de almacenamientos, donde el ambiente presento los menores valores diámetro polar.

Tabla 29. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para las variables diámetro ecuatorial y polar de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Diámetro ecuatorial y polar (mm)									
		0 días		8 días		16 días		24 días		35 días	
CITRUMELO	Ambiente	50,5 _a	57,2 _a	50,2 _a	57,1 _b	47,7 _a	53,3 _a	47,8 _a	52,9 _a	45,3 _b	46,7 _{ed}
	Empacado refrigerado	51,3 _a	57,2 _a	53,2 _a	61,7 _{ba}	49,9 _a	57,0 _a	51,2 _a	55,1 _a	49,6 _{ba}	57,5 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	49,9 _a	56,0 _a	51,9 _a	61,1 _{ba}	46,6 _a	53,7 _a	52,1 _a	56,5 _a	47,2 _{ba}	51,7 _{bdc}
	Refrigerado	50,3 _a	57,0 _a	51,0 _a	57,1 _b	47,9 _a	55,7 _a	52,0 _a	57,2 _a	48,9 _{ba}	51,2 _{bedc}
KRYDER	Ambiente	51,6 _a	59,6 _a	50,6 _a	57,1 _b	49,5 _a	53,6 _a	49,0 _a	53,8 _a	44,7 _b	45,8 _e
	Empacado refrigerado	51,1 _a	62,3 _a	53,7 _a	63,7 _a	51,4 _a	58,8 _a	47,9 _a	58,8 _a	49,2 _{ba}	56,9 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	52,4 _a	60,1 _a	53,3 _a	63,4 _a	49,6 _a	54,4 _a	50,6 _a	58,9 _a	51,1 _a	58,5 _a
	Refrigerado	51,5 _a	60,0 _a	53,3 _a	61,0 _{ba}	48,8 _a	54,3 _a	50,6 _a	58,1 _a	48,1 _{ba}	50,3 _{edc}
VOLKAMERIANA	Ambiente	51,4 _a	57,9 _a	49,9 _a	56,1 _b	50,7 _a	52,2 _a	47,8 _a	51,7 _a	46,2 _{ba}	47,2 _{edc}
	Empacado refrigerado	47,7 _a	56,1 _a	51,7 _a	62,2 _{ba}	49,8 _a	55,3 _a	51,1 _a	59,2 _a	49,2 _{ba}	53,0 _{bac}
	Hipoclorito refrigerado	54,0 _a	56,2 _a	52,6 _a	62,0 _{ba}	49,3 _a	53,5 _a	51,9 _a	56,0 _a	49,5 _{ba}	53,2 _{bac}
	Refrigerado	48,3 _a	56,2 _a	49,5 _a	59,8 _{ba}	47,3 _a	55,0 _a	49,6 _a	55,6 _a	47,5 _{ba}	49,1 _{edc}
Error estándar		1,36	1,65	0,84	1,13	1,12	1,29	1,19	1,92	0,95	1,08

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).
Columnas izquierdas correspondientes a valores diámetro ecuatorial, derecha valores polar.

respecto a los demás, ratificando la influencia de la temperatura sobre la deshidratación de la fruta.

Para localidad Lebrija el diámetro ecuatorial no presenta diferencia significativa durante el periodo de evaluación en los diferentes condiciones de almacenamiento y portainjertos, sin embargo es evidente la disminución que presento el fruto a lo largo del periodo, con valores iniciales entre 43.8 y 50.4 mm y final de 43.2 y 47.5 mm, para los diferentes portainjertos. El diámetro polar a los 8 y 16 días presento diferencias significativas, donde el portainjerto Kryder reporto los valores más altos con promedio de 55.8 mm a los 16 días, al final del periodo las diferencia entre los tipo de almacenamientos no están bien definida, no obstante el ambiente presenta menor valor respecto a los demás (Tabla 30).

En tabla 31, se reportan los valores para el diámetro ecuatorial para la localidad de La libertad, a diferencia de las demás localidades presentan mayor valor, por tanto se puede atribuir que existe una relación entre el peso del fruto y sus diámetros, donde frutos con mayor peso tienden a tener mayor diámetros. Al inicio del periodo se obtuvieron valores para los portainjertos entre 51.1 y 54.0 mm, donde no es evidente una diferencia significativa entre los portainjertos, sin embargo el portainjerto Kryder obtuvo el mejor promedio de 53.0 mm; seguido de Citrumelo y volkameriana con 52.7 y 52.1 mm, respectivamente. Durante el periodo de almacenamiento al igual que los demás localidades, hubo una reducción en el diámetro, reportando valores entre 48.0 y 51.0 mm al final del periodo. Para el caso del diámetro polar su comportamiento es similar a diámetro ecuatorial en cuanto a su reducción, donde inicia con valores entre 59.2 y 62.8 mm, en sus diferentes portainjertos sin presentar diferencias significativas, para luego al final del periodo se redujeron a valores entre 54.0 y 60.1 mm en los diferentes portainjertos; Respecto al tipo de almacenamiento, las bajas temperaturas (10°C) disminuyen la deshidratación de fruto, obtenido limas con características de comercialización.

Tabla 30. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para las variables diámetro ecuatorial y polar de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Diámetro ecuatorial y polar (mm)									
		0 días		8 días		16 días		24 días		35 días	
CITRUMELO	Ambiente	46,9 _a	53,7 _a	45,3 _a	50,1 _b	46,9 _{ba}	51,7 _{edc}	46,5 _a	51,7 _a	47,5 _a	51,9 _{ba}
	Empacado refrigerado	43,8 _a	56,5 _a	48,9 _a	56,8 _a	48,3 _{ba}	57,3 _{ebdac}	46,2 _a	53,5 _a	43,2 _a	55,6 _a
	Hipoclorito refrigerado	48,5 _a	57,1 _a	46,1 _a	52,3 _{ba}	44,7 _b	51,5 _{ed}	47,6 _a	56,0 _a	46,9 _a	52,9 _{ba}
	Refrigerado	48,3 _a	56,7 _a	49,7 _a	57,7 _a	50,8 _a	58,8 _{ba}	46,8 _a	53,8 _a	46,3 _a	53,0 _{ba}
KRYDER	Ambiente	49,0 _a	57,5 _a	47,1 _a	50,2 _b	47,8 _{ba}	51,1 _e	45,9 _a	51,2 _a	43,9 _a	49,4 _b
	Empacado refrigerado	48,4 _a	58,2 _a	50,1 _a	56,9 _a	47,9 _{ba}	57,4 _{bdac}	47,1 _a	54,8 _a	46,9 _a	55,0 _a
	Hipoclorito refrigerado	50,4 _a	58,3 _a	46,9 _a	54,3 _{ba}	47,7 _{ba}	55,7 _{ebdac}	49,6 _a	54,3 _a	45,6 _a	55,4 _a
	Refrigerado	48,3 _a	58,1 _a	46,2 _a	55,0 _{ba}	49,8 _{ba}	59,0 _a	45,8 _a	53,9 _a	44,7 _a	51,6 _{ba}
VOLKAMERIANA	Ambiente	45,8 _a	53,6 _a	45,3 _a	49,5 _b	48,1 _{ba}	51,9 _{ebdc}	45,6 _a	51,3 _a	44,2 _a	50,5 _{ba}
	Empacado refrigerado	48,1 _a	56,4 _a	46,5 _a	55,1 _{ba}	47,2 _{ba}	55,4 _{ebdac}	46,9 _a	55,4 _a	46,3 _a	54,3 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	50,2 _a	57,7 _a	45,3 _a	53,7 _{ba}	47,2 _{ba}	53,2 _{ebdac}	51,3 _a	55,3 _a	45,1 _a	53,0 _{ba}
	Refrigerado	50,1 _a	57,9 _a	49,2 _a	55,6 _{ba}	49,7 _{ba}	58,5 _{bac}	47,1 _a	56,0 _a	45,5 _a	53,9 _{ba}
Error estándar		1,46	1,15	1,07	1,22	0,97	1,32	1,4	1,47	1,43	0,99

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).
Columnas izquierdas correspondientes a valores diámetro ecuatorial, derecha valores polar.

En general las tres localidades son clasificadas según la NTC-4087 como calibre C y D, al final del periodo de almacenamiento con característica de comercialización, para las limas almacenadas a bajas temperatura a excepción de los frutos almacenados al ambiente que presentaron mayor rigidez. Según Alía *et al.* (2011) este tipo de calibre tienen mayor preferencia para su consumo. La localidad de la Libertad presentó los frutos de mayor diámetros, ratificando la influencia de la localidad sobre la calidad final de las frutas. La Libertad presenta mayor precipitación lo que le proporciona mayor contenido de agua a los cultivos lo que genera mayor absorción de nutrientes obteniendo mayor rendimiento y calidad de fruto (tamaño). Así mismo Dorado *et al.* (2015), al evaluar la interacción riego observó mayor rendimiento en un 42,3 % de los cultivos de lima ácida Tahití, al igual mejoras en la calidad de la fruta (tamaño). Otro estudio relevante fue el conducido por Espinoza *et al.* (2011), en el que encontraron que el riego aumenta el vigor del árbol y rendimiento de la lima ácida Tahití en distintos portainjertos.

Respecto a los portainjertos no hay diferencias significativas dentro de sus localidades, sin embargo Kryder marca la diferencia por tener mayor tamaño. Al respecto Stuchi *et al.* (2009) difiere al mencionar que la calidad de fruta de lima ácida Tahití se modifica por el portainjerto utilizado. Así, en un estudio con naranjo 'Flying Dragon', Citrumelo y Carrizo, el diámetro polar de fruto osciló de 54,3 a 57,8 mm, el diámetro ecuatorial de 50,8 a 53,7 mm, datos similares a los encontrados en Nataima y la Libertad. Por su parte Berdeja *et al.* (2016), reportó valores para diámetros ecuatorial y polar para el portainjerto Citrumelo de 52.7 y 63.21 mm y para Volkameriana 55.4 y 67.6 mm. Mientras Castellanos *et al.* (2016), no encontraron diferencias significativas en la variable diámetro en las diferentes temperaturas de almacenaje, el diámetro ecuatorial oscilaron entre 54.4 y 55.1 mm y los diámetros polar 54.4 y 54.9 mm. Es evidente que los valores reportados por las diferentes localidades en cuanto a los diámetros no son muy ajenos a la literatura

Tabla 31. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para las variables diámetro ecuatorial y polar de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Diámetro ecuatorial y polar (mm)									
		0 días		8 días		16 días		24 días		35 días	
CITRUMELO	Ambiente	52,1 _a	58,6 _a	49,0 _{bc}	52,8 _{bc}	46,6 _{bc}	51,1 _c	45,9 _c	50,9 _c	-	
	Empacado refrigerado	53,5 _a	61,9 _a	52,0 _{bac}	60,7 _a	50,7 _{ba}	60,0 _a	49,6 _{bac}	58,3 _{ba}	49,8 _a	58,5 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	53,7 _a	61,1 _a	51,1 _{bac}	60,1 _{ba}	51,0 _{ba}	58,5 _{ba}	49,3 _{bac}	58,4 _{ba}	48,0 _a	54,2 _b
	Refrigerado	51,8 _a	61,6 _a	51,3 _{bac}	58,8 _{ba}	52,2 _a	59,1 _a	50,1 _{bac}	58,8 _{ba}	48,9 _a	54,0 _b
KRYDER	Ambiente	51,2 _a	59,2 _a	52,6 _{bac}	57,2 _{bac}	47,3 _{bc}	52,1 _c	49,0 _{bac}	52,8 _{bc}	-	
	Empacado refrigerado	53,6 _a	61,5 _a	52,8 _{bac}	60,3 _{ba}	52,7 _a	61,5 _a	50,8 _a	57,7 _{ba}	51,0 _a	60,1 _a
	Hipoclorito refrigerado	53,6 _a	62,2 _a	54,0 _{ba}	62,4 _a	52,3 _a	58,5 _{ba}	52,8 _a	59,5 _a	49,8 _a	56,5 _{ba}
	Refrigerado	53,6 _a	62,8 _a	54,7 _a	62,2 _a	51,0 _{ba}	59,6 _a	51,9 _a	59,2 _{ba}	50,1 _a	55,3 _{ba}
VOLKAMERIANA	Ambiente	51,2 _a	60,2 _a	48,7 _c	55,2 _{ba}	45,4 _c	52,7 _{bc}	46,1 _{bc}	50,7 _c	-	
	Empacado refrigerado	51,9 _a	60,9 _a	52,9 _{bac}	61,0 _a	51,8 _a	58,9 _a	50,4 _{ba}	57,9 _{ba}	49,9 _a	57,5 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	51,1 _a	61,0 _a	50,4 _{bac}	60,6 _{ba}	50,1 _{ba}	59,5 _a	49,6 _{bac}	57,4 _{ba}	48,3 _a	56,3 _{ba}
	Refrigerado	54,0 _a	62,5 _a	52,0 _{bac}	62,2 _a	50,9 _{ba}	61,0 _a	49,4 _{bac}	58,7 _{ba}	50,2 _a	57,6 _{ba}
		0,86	1,35	0,99	1,04	0,84	1,12	0,84	1,17	0,67	0,86

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).
Columnas izquierdas correspondientes a valores diámetro ecuatorial, derecha valores polar.

4.3.1.5 Firmeza

La Tabla 32, se observa el aumento de los valores firmeza durante el periodo de almacenamiento de la lima ácida Tahití, en los diferentes portainjertos y condiciones de almacenamiento. Para la localidad de Nataima se encontró diferencias significativas en cuanto al tipo de almacenamiento empleado durante todo el periodo, siendo el ambiente el que presenta los mayores valores de firmeza, en los diferentes portainjertos. Las demás condiciones de almacenamiento que se caracterizan por tener baja temperatura (10°C) son más estables durante periodo de almacenamiento, destacándose el empaçado refrigerado por mantener menores valores de firmeza al final del periodo en los diferentes portainjertos. Sin embargo el portainjerto Kryder presento los menores valores de firmeza durante el periodo de almacenamiento. Este aumento de firmeza puede ser atribuida a la perdida de humedad del flavedo y albedo de la lima durante el periodo de almacenamiento, que hizo que se tornará más rígido, y así proporcionar mayor valor de firmeza.

Tabla 32. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable firmeza de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Firmeza (Kgf)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	5,0 ^{ba}	8,1 ^{bac}	8,5 ^a	5,8 ^a	7,6 ^{bac}
	Empacado refrigerado	5,2 ^{ba}	6,8 ^{bc}	7,0 ^{ebdac}	6,3 ^a	5,3 ^c
	Hipoclorito refrigerado	4,9 ^{ba}	7,0 ^{bac}	4,6 ^e	4,9 ^a	9,5 ^a
	Refrigerado	4,1 ^{ba}	7,1 ^{bac}	5,8 ^{ebdc}	5,8 ^a	5,9 ^{bc}
KRYDER	Ambiente	5,3 ^{ba}	8,3 ^{ba}	7,5 ^{bac}	6,6 ^a	6,4 ^{bac}
	Empacado refrigerado	5,0 ^{ba}	6,5 ^c	6,4 ^{ebdac}	6,7 ^a	5,2 ^c
	Hipoclorito refrigerado	3,9 ^b	6,2 ^c	4,8 ^{ed}	5,5 ^a	8,5 ^{bac}
	Refrigerado	4,8 ^{ba}	6,5 ^{bc}	6,1 ^{ebdac}	6,6 ^a	6,6 ^{bac}
VOLKAMERIANA	Ambiente	5,7 ^a	8,9 ^a	8,2 ^{ba}	6,6 ^a	7,7 ^{bac}
	Empacado refrigerado	5,3 ^{ba}	7,3 ^{bac}	7,1 ^{bdac}	7,0 ^a	6,8 ^{bac}
	Hipoclorito refrigerado	4,2 ^{ba}	7,7 ^{bac}	5,6 ^{edc}	5,4 ^a	8,8 ^{ba}
	Refrigerado	5,5 ^{ba}	7,5 ^{bac}	7,4 ^{bac}	7,4 ^a	7,2 ^{bac}
Error estándar		0,35	0,37	0,47	0,47	0,63

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Por su parte la localidad de Lebrija presento diferencia significativas en cuanto a tipo de almacenamiento durante los primeros 16 días, Siendo el ambiente los de mayor valores de firmeza en los diferentes portainjerto, por su parte el empacado refrigerado presento mejor estabilidad de las limas en su firmeza. Por otra parte refrigerado al final del periodo ostenta los mayores valores de firmeza en los diferentes portainjerto (Tabla 33).

Tabla 33. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable firmeza de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Firmeza (Kgf)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	5,7 _{ba}	6,8 _a	6,2 _{ba}	5,0 _a	4,6 _a
	Empacado refrigerado	5,1 _{bac}	4,5 _b	4,8 _{bac}	4,9 _a	4,3 _a
	Hipoclorito refrigerado	3,5 _c	5,2 _{ba}	4,5 _{bc}	5,0 _a	4,6 _a
	Refrigerado	4,6 _{bc}	4,6 _b	4,0 _c	5,0 _a	6,7 _a
KRYDER	Ambiente	5,9 _{ba}	6,3 _{ba}	5,6 _{bac}	4,4 _a	5,3 _a
	Empacado refrigerado	5,0 _{bac}	4,5 _b	4,7 _{bac}	5,3 _a	4,6 _a
	Hipoclorito refrigerado	3,5 _c	5,6 _{ba}	4,9 _{bac}	4,3 _a	6,6 _a
	Refrigerado	5,7 _{ba}	5,6 _{ba}	3,8 _c	5,0 _a	7,3 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	7,0 _a	6,2 _{ba}	6,4 _a	4,2 _a	5,0 _a
	Empacado refrigerado	5,4 _{bac}	5,1 _{ba}	4,9 _{bac}	5,2 _a	4,4 _a
	Hipoclorito refrigerado	4,1 _{bc}	5,5 _{ba}	4,8 _{bac}	5,2 _a	5,8 _a
	Refrigerado	6,0 _{ba}	5,3 _{ba}	4,0 _c	5,0 _a	6,9 _a
Error estándar		0,38	0,42	0,35	0,46	0,58

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Para la localidad de la libertad se puede apreciar en la tabla 34, que inicialmente muestras diferencia significativa respecto al portainjerto, mostrando mayor valor de firmeza comparadas con las demás localidades, lo que podía estar relacionada al tamaño del fruto, ya que fue evidente el mayor tamaño de fruto para esta localidad. Para el portainjerto Volkameriano mostro mayor firmeza promedio con 7.35 kgf, seguido de Citrumelo y Kryder con 6.9 y 6.4 kgf, respectivamente. Durante el periodo de almacenamiento hay diferencias significativas respecto al tipo almacenamiento.

Donde ambiente al igual que las demás localidades mostro los mayores valores de firmeza, debido a la deshidratación que sufre el flavedo y albedo que a medida que pasaba los días se tornara más rígido y así proporciono mayor valor de firmeza. Algo semejante ocurre con Araujo *et al.* (2015), donde observaron a partir del tercer día de almacenamiento de la lima ácida Tahití la piel de la fruta se hizo más rígido y registraron mayores valores de firmeza. Por su parte Berdeja *et al.* (2016) manifestaron que las diferencias anatómicas de los portainjerto y los frutos más firme, fueron debidos a la profundidad de las raíces que absorbieron mayores nutrientes. Del mismo modo Contreras *et al.* (2008) determinó que la lima ácidas Tahití en naranjo 'Agrio', cultivadas en dos tipos de suelo, modifico el porcentaje de raíces y profundidad alcanzada. Morgan *et al.* (2005) manifiesta que el grosor de la cáscara y calidad de fruto aumentan debido a absorción de potasio. Por tanto, la localidad influye en la calidad del fruto en cuanto a tamaño, como lo es evidente con los frutos provenientes de la localidad de la libertad que posee mejor tamaño y firmeza. Noriega *et al.* (2012) mencionan que dependiendo del manejo agronómico y del año de cosecha la firmeza en frutos de lima mexicana es afectada.

Tabla 34. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable firmeza de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Firmeza				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	8,8 ^a	9,3 ^a	7,0 ^b	11,3 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	6,1 ^{dc}	6,6 ^{dc}	7,6 ^{ba}	7,7 ^c	8,1 ^b
	Hipoclorito refrigerado	6,2 ^{dc}	7,6 ^{bdc}	7,8 ^{ba}	9,1 ^{bc}	9,8 ^{ba}
	Refrigerado	6,6 ^{dc}	7,8 ^{bdc}	7,5 ^b	8,2 ^{bc}	9,0 ^{ba}
KRYDER	Ambiente	7,8 ^{bac}	9,7 ^{ba}	7,8 ^{ba}	10,0 ^{bc}	-
	Empacado refrigerado	5,8 ^{dc}	6,0 ^d	6,7 ^b	8,0 ^c	8,2 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	5,9 ^{dc}	7,6 ^{bdc}	7,5 ^b	7,7 ^c	9,5 ^{ba}
	Refrigerado	6,3 ^{dc}	6,7 ^{dc}	7,9 ^{ba}	8,7 ^{bc}	9,6 ^{ba}
VOLKAMERIANA	Ambiente	8,4 ^{ba}	10,2 ^{ba}	9,0 ^{ba}	13,4 ^a	-
	Empacado refrigerado	6,9 ^{bdc}	6,6 ^{dc}	7,6 ^{ba}	10,3 ^{bac}	8,5 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	7,4 ^{bdc}	8,3 ^{bac}	10,7 ^a	8,6 ^{bc}	9,9 ^a
	Refrigerado	6,7 ^{bdc}	7,7 ^{bdc}	7,9 ^{ba}	8,8 ^{bc}	9,7 ^{ba}
Error estándar		0,35	0,37	0,47	0,47	0,63

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.1.6 Porcentaje de jugo (%)

Las normas internacionales entre ellas la norma CODEX STAN 213 (Codex Alimentarius, 2008) y la Norma Mexicana NMX-FF-077-1996 establecen que el contenido mínimo de jugo en lima ácida Tahití debe ser de 42% para su comercialización. Sin embargo la norma colombiana NTC 4087 establece como porcentaje mínimo de jugo de 27%.

En la tabla 35 se observa que a medida que transcurre el periodo de almacenamiento la limas ácidas Tahití, aumenta su porcentaje de jugo. La localidad de Nataima inicialmente los diferentes portainjertos no presenta diferencias significativas respecto al porcentaje de jugo, sin embargo el portainjerto Kryder presenta mayor porcentaje de jugo promedio con 34.4 %, seguido de Citrumelo y Volkameriana con 32.1 y 31.5 % respectivamente. Estos valores son aceptados según la NTC 4087 en el mercado

nacional, sin embargo, Ladaniya (2008) menciona, que mínimo 30% de contenido de jugo en la lima ácida Tahití es aceptada en Estados Unidos de América.

Al transcurrir el periodo de almacenamiento se evidencia un aumento del porcentaje de jugo, en especial al ambiente, donde el portainjerto Kryder presenta mayor valores con 41.0 %, seguido de Volkameriana y Citrumelo con 39.3 y 39.0 %, respectivamente al final de periodo. Respecto a las demás condiciones de almacenamientos durante el periodo son más estables no presentan diferencias significativas marcadas, sin embargo para los portainjertos Citrumelo y Volkameriana el empaquetado presenta mejor estabilidad durante el periodo.

Para la localidad de Lebrija inicialmente no presenta diferencias significativas respecto al porcentaje de jugo en los diferentes portainjertos, siendo la localidad con mayor contenido de jugo en sus diferentes portainjertos (Tabla 36). El portainjerto Kryder presentó el mayor porcentaje de jugo promedio de 43.0%, seguido de Citrumelo y Volkameriana con 42.0 y 41.0% respectivamente, frutos que cumplen con el porcentaje mínimo establecido por CODEX STAN 213 y NMX-FF-077-1996. Durante el almacenamiento sufren aumento en el porcentaje de jugo, donde los días 16 y 24 presentaron diferencias significativas respecto al tipo de almacenamiento empleado.

Tabla 35. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable contenido de jugo de la limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Contenidos de jugo (%)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	29,0 _a	38,2 _{ba}	36,7 _{bac}	41,3 _{ba}	39,0 _a
	Empacado refrigerado	36,3 _a	37,6 _{ba}	36,0 _{ba}	37,7 _{bac}	36,3 _a
	Hipoclorito refrigerado	31,2 _a	37,8 _{ba}	26,9 _c	39,3 _{bac}	36,4 _a
	Refrigerado	31,9 _a	35,8 _{ba}	34,0 _{bac}	36,8 _{bac}	35,3 _a
KRYDER	Ambiente	35,0 _a	38,0 _{ba}	43,7 _{bac}	42,1 _a	41,0 _a
	Empacado refrigerado	35,5 _a	40,7 _a	41,3 _{ba}	34,5 _{bac}	37,2 _a
	Hipoclorito refrigerado	33,1 _a	43,4 _a	31,3 _{bc}	36,2 _{bac}	36,4 _a
	Refrigerado	34,0 _a	41,0 _a	33,8 _{bac}	30,1 _{bc}	35,9 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	31,0 _a	35,9 _{ba}	43,3 _a	38,6 _{bac}	39,3 _a
	Empacado refrigerado	34,1 _a	32,3 _b	37,9 _{bac}	37,3 _{bac}	35,0 _a
	Hipoclorito refrigerado	33,3 _a	39,2 _{ba}	34,7 _{bac}	37,3 _{bac}	36,9 _a
	Refrigerado	27,6 _a	37,1 _{ba}	26,8 _c	27,8 _c	31,3 _a
Error estándar		2,23	1,50	2,12	2,26	2,08

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Al igual que para Nataima la temperatura ambiente presento los mayores aumento del contenido de jugo, y mejor estabilidad para empacado refrigerado, hipoclorito y refrigerado independiente de portainjerto (Tabla 36).

En la tabla 37, para la localidad de la Libertad presento inicialmente diferencias significativas respecto al porcentaje de jugo para los diferentes portainjertos, donde Kryder reporto mayor valor promedio con 35.4 %, seguido de Citrumelo y Volkameriana con 33.1 y 31.25 % respectivamente. Durante el periodo de almacenamiento al igual que las demás localidades se presentó un aumento del porcentaje de jugo en los diferentes portainjertos, sin embargo no presenta una diferencia significativa marcada sobre el tipo de almacenamiento, no obstante el

ambiente sigue siendo el de mayor aumento del porcentaje de jugo para diferentes portainjertos, a los 35 días los frutos al ambiente no cumple con la calidad de comercialización en los diferentes portainjertos por tanto no se reportó.

Tabla 36. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable contenido de jugo de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Contenidos de jugo (%)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	43,7 _a	43,2 _a	46,5 _{ba}	49,0 _a	46,3 _a
	Empacado refrigerado	39,1 _a	42,4 _a	39,6 _{bc}	39,7 _{bc}	41,3 _a
	Hipoclorito refrigerado	43,1 _a	39,1 _a	37,7 _c	43,4 _{bac}	40,2 _a
	Refrigerado	43,1 _a	42,5 _a	40,9 _{bac}	40,1 _{bc}	38,1 _a
KRYDER	Ambiente	43,9 _a	43,4 _a	46,5 _{ba}	46,3 _{bac}	42,4 _a
	Empacado refrigerado	42,0 _a	39,0 _a	36,8 _c	38,2 _c	40,5 _a
	Hipoclorito refrigerado	45,5 _a	38,7 _a	41,5 _{bac}	42,8 _{bac}	38,8 _a
	Refrigerado	40,7 _a	39,7 _a	42,2 _{bac}	39,1 _c	38,7 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	40,6 _a	46,5 _a	48,8 _a	47,5 _{ba}	41,8 _a
	Empacado refrigerado	38,9 _a	42,0 _a	38,8 _{bc}	41,0 _{bac}	42,4 _a
	Hipoclorito refrigerado	44,1 _a	37,4 _a	39,0 _{bc}	40,9 _{bac}	40,7 _a
	Refrigerado	40,7 _a	43,6 _a	41,5 _{bac}	39,8 _c	40,6 _a
Error estándar		0,33	0,44	0,58	0,59	0,32

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En las demás condiciones de almacenamiento no es evidente una diferencia marcada para la localidad de la libertad.

En general la tres localidades cumple con la cantidad mínima de porcentaje de jugo de que debe tener el fruto para su comercialización según la NTC 4087, a excepción de los frutos de la localidad de Lebrija que presento valores por encima de 42%. Castellanos *et al.* (2016), encontró valores de porcentaje de jugo en lima ácida Tahití a diferentes temperaturas, donde frutos almacenados a 18°C alcanzaron valores de 44.8%. Por su parte Alias *et al.* (2009), reportaron valores por encima de 42% en lima ácida Tahití diferentes tiempo de cosecha. Este aumento en el contenido de

jugo puede estar atribuido a la pérdida de agua que sufre el flavedo y albedo por transpiración, cambiando la relación de general del peso del fruto sin interferir con el contenido interno. Tal como lo manifiesta Jomori *et al.* (2003), la pérdida de agua por transpiración aumenta la relación zumo de la fruta total, ya que la transpiración se limita solo al flavedo y no interfiere con el contenido de jugo.

El portainjerto Kryder en las tres localidades presento mayores valores de porcentaje de jugo, lo que ratifica su buena adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, sin embargo, en la localidad de Lebrija presento los mayores contenidos de jugo. Por otra parte las diferentes condiciones de almacenamiento a baja temperatura le proporcionaron a los frutos mayor estabilidad en el porcentaje de jugo, especialmente con el uso de empaque que actúa como barrera, permitiendo mejor conservación del flavedo y albedo. Al final de periodo todas las limas de los diferentes portainjertos aun conservaron sus características para su comercialización, a excepción del ambiente que presento limas totalmente deshidratada.

Tabla 37. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable contenido de jugo de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Contenidos de jugo (%)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	33,8 _{ba}	45,2 _{ba}	40,0 _a	29,8 _b	-
	Empacado refrigerado	33,7 _{ba}	38,2 _{bc}	33,5 _a	35,2 _{ba}	36,8 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	30,8 _{ba}	38,6 _{bc}	40,5 _a	35,9 _{ba}	38,0 _{ba}
	Refrigerado	34,1 _{ba}	34,7 _c	38,5 _a	37,8 _{ba}	38,4 _{ba}
KRYDER	Ambiente	36,3 _a	47,0 _a	42,7 _a	36,6 _{ba}	-
	Empacado refrigerado	34,0 _{ba}	43,3 _{ba}	39,5 _a	37,7 _{ba}	39,6 _a
	Hipoclorito refrigerado	34,9 _{ba}	42,2 _{ba}	42,9 _a	42,4 _a	41,1 _a
	Refrigerado	36,4 _a	42,8 _{ba}	41,2 _a	39,0 _{ba}	39,8 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	31,5 _a	42,4 _{ba}	35,2 _a	32,8 _{ba}	-
	Empacado refrigerado	31,4 _{ba}	39,6 _{bc}	37,2 _a	32,7 _{ba}	32,4 _b
	Hipoclorito refrigerado	27,6 _{ba}	39,4 _{bc}	37,5 _a	37,6 _{ba}	39,5 _{ba}
	Refrigerado	34,5 _a	39,2 _{bc}	39,9 _a	37,0 _{ba}	37,8 _{ba}
Error estándar		1,61	1,34	1,88	2,05	1,32

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según Prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.1.7 Porcentaje de residuo (cáscara y bagazo)

El porcentaje de residuo tiene un comportamiento inverso al porcentaje de jugo, dado que al incrementar uno disminuyó el otro. En la tabla 38, para la localidad de Nataima se observa que los valores iniciales están entre 61.2 y 70.2 % en los diferentes portainjerto, durante el periodo de almacenamiento hubo una disminución y presentaron diferencia significativas en cuanto a las condiciones de almacenamiento, este disminución es atribuida a la pérdida de humedad del flavedo y albedo de fruto que generan mayor contenido de jugo por ende habrá menor residuo.

Tabla 38. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable porcentaje de residuo de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Porcentaje de residuo				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	68,1 ^a	59,1 ^{ba}	60,3 ^{bdac}	55,6 ^b	56,7 ^a
	Empacado refrigerado	61,2 ^a	61,1 ^{ba}	59,9 ^{bdac}	60,0 ^{ba}	60,7 ^a
	Hipoclorito refrigerado	66,3 ^a	61,1 ^{ba}	70,4 ^a	58,5 ^{ba}	60,4 ^a
	Refrigerado	65,5 ^a	62,8 ^{ba}	62,3 ^{bdac}	60,0 ^{ba}	62,0 ^a
KRYDER	Ambiente	63,1 ^a	59,8 ^{ba}	53,6 ^d	55,3 ^b	55,0 ^a
	Empacado refrigerado	62,2 ^a	57,9 ^b	55,1 ^{dc}	63,3 ^{ba}	59,4 ^a
	Hipoclorito refrigerado	65,2 ^a	55,7 ^b	66,4 ^{bac}	61,4 ^{ba}	60,6 ^a
	Refrigerado	63,6 ^a	57,8 ^b	62,6 ^{bdac}	67,4 ^a	61,2 ^a
VOLKAMERIANA	Ambiente	66,5 ^a	62,0 ^{ba}	53,9 ^d	58,8 ^{ba}	56,7 ^a
	Empacado refrigerado	63,4 ^a	66,7 ^a	59,1 ^{bdc}	60,5 ^{ba}	62,5 ^a
	Hipoclorito refrigerado	64,9 ^a	60,2 ^{ba}	62,3 ^{bdac}	60,1 ^{ba}	60,5 ^a
	Refrigerado	70,2 ^a	61,7 ^{ba}	69,2 ^{ba}	70,0 ^a	65,6 ^a
Error estándar		2,24	1,48	2,15	2,23	2,17

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En la tabla 39, a diferencia de Nataima, la localidad de Lebrija presento menor valores de residuo, siendo razonable con el comportamiento inverso entre en porcentaje de jugo y el residuo, ya que se obtuvieron mayores valores de contenido de jugo para esta localidad en sus diferentes portainjertos, por tanto los valores de residuo son menores. Los valores oscilaron inicialmente entre 52.3 y 58.1 % de residuo en los diferentes portainjertos. Durante el periodo de almacenamiento a partir de los 8 días se evidencio diferencias significativas en cuanto al tipo de almacenamiento hasta finalizar el periodo en los diferentes portainjertos y condiciones de almacenamiento, sin embargo a diferencia de Nataima su disminución fue paulatino.

Tabla 39. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable porcentaje de residuo de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Porcentaje de residuo (%)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	53,1 ^a	54,0 ^{ba}	48,1 ^{bc}	48,1 ^d	49,5 ^b
	Empacado refrigerado	58,1 ^a	55,0 ^{ba}	56,5 ^{ba}	56,9 ^{bac}	55,9 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	52,3 ^a	56,5 ^{ba}	60,2 ^a	54,5 ^{bdac}	56,7 ^{ba}
	Refrigerado	52,4 ^a	53,7 ^{ba}	55,9 ^{ba}	57,4 ^{bac}	59,3 ^a
KRYDER	Ambiente	53,5 ^a	53,7 ^{ba}	49,0 ^{bc}	51,0 ^{bdc}	53,7 ^{ba}
	Empacado refrigerado	56,1 ^a	57,0 ^{ba}	60,2 ^{ba}	59,2 ^a	57,2 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	50,8 ^a	57,9 ^{ba}	56,2 ^a	55,2 ^{bdac}	58,4 ^a
	Refrigerado	55,5 ^a	56,6 ^{ba}	54,7 ^{ba}	58,7 ^a	58,9 ^a
VOLKAMERIANA	Ambiente	57,2 ^a	49,7 ^a	46,7 ^c	50,1 ^{dc}	54,5 ^{ba}
	Empacado refrigerado	57,5 ^a	55,8 ^{ba}	58,4 ^a	55,5 ^{bac}	54,9 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	52,3 ^a	59,4 ^a	58,4 ^a	56,7 ^{bac}	56,8 ^{ba}
	Refrigerado	55,5 ^a	53,0 ^{ba}	55,6 ^{ba}	58,1 ^{ba}	56,9 ^{ba}
Error estándar		1,86	1,72	1,46	1,41	1,62

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

La localidad de la Libertad mostro valores inicialmente entre 61.5 y 69.7 % de residuo, para los diferentes portainjertos (Tabla 40), estos valores son similares a los reportados para Nataima (Tabla 38), durante el periodo de almacenamiento mostros disminución. Asimismo Alias *et al.* (2009) reporto valores de porcentaje de residuo entre 47 y 56 % el cual considera aceptable, ya que el 48 % está considerado como máximo para lima ácida Tahití. Datos similares a los reportados para la localidad de Lebrija. Además Castellanos *et al.* (2016) reportaron porcentaje de residuo para limas ácidas Tahití almacenadas a temperaturas de 10, 18, 30°C, encontrando valores de 56.8, 57,46 y 55.9 % respectivamente.

Tabla 40. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable porcentaje de residuo de las limas, localidad la libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Porcentaje de residuo				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	64,2 ^a	53,6 ^{ba}	56,9 ^{ba}	68,3 ^a	-
	Empacado refrigerado	63,9 ^a	60,7 ^{ba}	65,4 ^a	63,2 ^{ba}	60,0 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	66,6 ^a	60,1 ^{ba}	58,4 ^{ba}	62,7 ^{ba}	59,0 ^{ba}
	Refrigerado	63,8 ^a	64,1 ^a	59,7 ^{ba}	60,5 ^{ba}	58,7 ^{ba}
KRYDER	Ambiente	61,5 ^a	51,9 ^c	55,8 ^{ba}	61,8 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	63,3 ^a	55,5 ^{bc}	58,9 ^{ba}	60,5 ^{ba}	57,5 ^b
	Hipoclorito refrigerado	62,7 ^a	56,6 ^{bc}	54,0 ^b	56,3 ^b	56,4 ^b
	Refrigerado	61,4 ^a	56,0 ^{bc}	57,1 ^{ba}	59,8 ^{ba}	57,4 ^b
VOLKAMERIANA	Ambiente	66,1 ^a	56,6 ^{bc}	62,6 ^{ba}	65,2 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	66,3 ^a	59,1 ^{ba}	61,8 ^{ba}	66,1 ^{ba}	64,6 ^a
	Hipoclorito refrigerado	69,7 ^a	59,4 ^{ba}	61,1 ^{ba}	60,9 ^{ba}	57,8 ^{ba}
	Refrigerado	63,1 ^a	59,3 ^{ba}	58,6 ^{ba}	61,6 ^{ba}	59,6 ^{ba}
Error estándar		1,68	1,31	2,06	2,00	1,25

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.2 Características fisicoquímicas

4.3.2.1 Sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles totales en gran parte proporcionan el sabor característico de los jugos cítricos, ya que están compuesto de azúcares, ácidos orgánicos, compuestos nitrogenados, vitaminas, minerales y otra sustancias solubles en agua. (Hours *et al.*, 2005).

Según la norma Mexicana NMX-FF-077-1996, El porcentaje de SST mínimo para lima ácida Tahití para su consumo en fresco debe ser de 6.8 %, ya que este porcentaje garantiza la madurez de fruto.

Tabla 41. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable Sólidos soluble totales de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Sólidos solubles totales (SST)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	8,2 _a	7,1 _{bac}	8,5 _{ba}	8,5 _a	9,2 _{ba}
	Empacado refrigerado	8,5 _a	7,0 _{bdac}	8,7 _a	8,4 _a	8,7 _{bdac}
	Hipoclorito refrigerado	7,7 _a	7,1 _{bdac}	8,1 _{ba}	8,2 _a	8,9 _{bdac}
	Refrigerado	8,2 _a	6,9 _{bdac}	8,1 _{ba}	8,7 _a	8,2 _{dc}
KRYDER	Ambiente	8,1 _a	7,2 _{ba}	8,7 _a	8,4 _a	9,3 _a
	Empacado refrigerado	8,2 _a	7,3 _a	8,5 _{ba}	8,4 _a	9,0 _{bdac}
	Hipoclorito refrigerado	8,6 _a	7,1 _{bdac}	8,2 _{ba}	8,2 _a	9,1 _{bac}
	Refrigerado	8,8 _a	7,1 _{bac}	8,4 _{ba}	8,4 _a	8,5 _{bdac}
VOLKAMERIANA	Ambiente	7,7 _a	6,9 _{bdac}	8,4 _{ba}	8,4 _a	9,2 _{ba}
	Empacado refrigerado	7,8 _a	6,4 _d	8,5 _{ba}	8,2 _a	8,3 _{bdc}
	Hipoclorito refrigerado	7,8 _a	6,5 _{dc}	7,9 _a	8,5 _a	8,5 _{bdac}
	Refrigerado	8,1 _a	6,5 _{bdc}	8,0 _{ba}	7,9 _a	8,1 _d
Error estándar		0,24	0,13	0,13	0,18	0,18

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En tabla 41, se reportan los valores para la localidad de Nataima para los diferentes portainjerto donde sufrieron variación de SST durante su periodo de almacenamiento,

Citrumelo reporto valores durante su periodo de almacenamiento valores entre 8.1 y 8.8 °Brix, Kryder entre 8.4 y 9.0 °Brix, y Volkameriana entre 7.8 y 8.5 °Brix. Inicialmente presentaron diferencia significativas en cuanto al portainjerto, siendo Kryder el mayor SST, con 8.4 °Brix. Durante el periodo de almacenamiento se observó un aumento moderado de los SST en los diferentes portainjertos y condiciones de almacenamiento, siendo el ambiente el de mayor aumento, y refrigerado como el más estable (Tabla 41).

Para Lebrija el portainjerto Citrumelo presento mayor valor inicial de SST en el portainjerto Citrumelo con 8.4 % promedio, seguido de Kryder y Volkameriana con 8.2 y 7.9 % respectivamente (Tabla 42), se puede apreciar que hay mucha similitud con la localidad de Nataima en respecto a los valores de SST en los diferentes portainjertos. Durante el tiempo de almacenamiento no es evidente una diferencia significativa para las condiciones de almacenamiento, sin embargo ambiente sigue presentando mayor valor al final del periodo.

Tabla 42. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable sólidos soluble totales de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Sólidos solubles totales (SST)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	8,3 _{ba}	8,4 _a	8,8 _a	9,0 _a	9,1 _a
	Empacado refrigerado	8,1 _{bac}	8,3 _{ba}	8,4 _{ba}	8,7 _{bac}	8,7 _{ba}
	Hipoclorito refrigerado	8,7 _a	8,5 _a	8,6 _{ba}	8,9 _{ba}	8,6 _{ba}
	Refrigerado	8,5 _{ba}	8,5 _a	8,6 _{ba}	8,3 _{bac}	8,4 _b
KRYDER	Ambiente	8,1 _{bac}	8,3 _{ba}	8,5 _{ba}	8,8 _{bac}	8,6 _{ba}
	Empacado refrigerado	8,2 _{bac}	8,1 _{ba}	8,6 _{ba}	8,3 _{bc}	8,3 _a
	Hipoclorito refrigerado	8,3 _{bac}	8,2 _{ba}	8,4 _{ba}	8,7 _{bac}	8,4 _a
	Refrigerado	8,2 _{bac}	8,0 _{ba}	8,5 _{ba}	8,1 _{dc}	8,2 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	7,7 _c	8,2 _{ba}	8,2 _{ba}	8,6 _a	8,4 _b
	Empacado refrigerado	8,1 _{bac}	7,8 _{ba}	7,9 _b	8,1 _{ba}	8,6 _b
	Hipoclorito refrigerado	8,0 _{bc}	7,7 _b	7,9 _b	8,1 _{ba}	8,2 _b
	Refrigerado	7,9 _{bc}	7,0 _b	8,4 _{ba}	7,5 _{ba}	8,4 _b
Error estándar		0,12	0,12	0,15	0,14	0,13

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En la tabla 43, la localidad de la libertad presento los valores de SST más bajo respecto a las demás localidades, donde el Kryder presento el mayor valor promedio inicial con 7.0, seguido de Citrumelo y Volkameriana con 6.9 y 6.3 respectivamente. La Libertad presenta mayor nivel de precipitación y temperatura respecto a las demás localidades, lo que podría estar asociado a los menores valores de SST, ya que se acelera los procesos de respiración consumiendo los azúcares a mayor velocidad (Paliyath y Murr 2006). Respecto a las condiciones de almacenamiento no es evidente una diferencia significativa, sin embargo el tratamiento ambiente a los 35 días, no cumplió con las características de calidad para su comercialización.

En general las tres localidades se encuentran por encima de valor mínimo 6.8 % estipulado por la norma NMX-FF-077-1996, durante todo su periodo de almacenamiento. En diferentes portainjertos de las tres localidades fue evidente un aumento de los SST durante el periodo de almacenamiento, debido a la concentración de azúcares en el jugo, por degradación de los polisacáridos en la membrana celular (Castellanos *et al.*, 2016; Yahia *et al.*, 2011). A su vez castellanos *et al.* (2016) manifestó que a medida que la temperatura de almacenaje aumenta así mismo la concentración de SST, observando valores 8.96 para frutos de lima ácida Tahití almacenados a 30°C, mientras que el más bajo a frutos almacenados a 10°C. Datos similares a lo encontrado. A diferencia de Souza *et al.* (2012) que encontró valores de mayor a 10 % en diferentes portainjertos de lima ácida Tahití.

Tabla 43. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable Sólidos soluble totales de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Sólidos solubles totales (SST)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	7,2 _a	7,7 _a	7,9 _{bac}	7,9 _a	-
	Empacado refrigerado	6,9 _{ba}	7,3 _a	7,4 _{dec}	7,5 _{ba}	7,8 _a
	Hipoclorito refrigerado	6,7 _{ba}	7,3 _a	8,0 _{ba}	7,5 _{ba}	8,0 _a
	Refrigerado	6,7 _{ba}	7,3 _a	7,6 _{bdac}	7,8 _{ba}	7,7 _a
KRYDER	Ambiente	7,1 _a	7,6 _a	8,1 _a	8,0 _a	-
	Empacado refrigerado	7,1 _a	7,6 _a	7,4 _{dec}	7,7 _{ba}	7,8 _a
	Hipoclorito refrigerado	6,9 _{ba}	7,5 _a	7,9 _{bac}	7,9 _a	7,9 _a
	Refrigerado	6,9 _{ba}	7,4 _a	7,8 _{bac}	7,8 _{ba}	8,0 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	6,5 _{ba}	7,4 _a	7,6 _{bdac}	8,2 _a	-
	Empacado refrigerado	6,4 _{ba}	7,2 _a	7,0 _e	7,4 _{ba}	7,7 _a
	Hipoclorito refrigerado	6,3 _{ba}	7,2 _a	7,5 _{bdc}	7,8 _a	7,6 _a
	Refrigerado	6,0 _b	7,3 _a	7,1 _{de}	7,0 _b	7,6 _a
Error estándar		0,20	0,11	0,11	0,15	0,12

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.2.2 pH

El pH es un parámetro fisicoquímico importante en las frutas y hortalizas, ya que los frutos tienen altas cantidades de ácidos orgánicos que son los responsables de los valores bajos de pH (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003).

En la tabla 44, La localidad de Nataima presento valores de pH iniciales entre 2.1 y 2.3 para los diferentes portainjertos. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en los valores de pH por efecto del portainjerto y las condiciones de almacenamiento durante todo el periodo.

Tabla 44. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable pH de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	pH				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	2,2 _{ba}	2,4 _{ba}	2,2 _{ba}	2,3 _a	2,2 _b
	Empacado refrigerado	2,3 _a	2,3 _{bdac}	2,3 _a	2,2 _a	2,2 _b
	Hipoclorito refrigerado	2,2 _{ba}	2,4 _a	2,3 _a	2,4 _a	2,3 _a
	Refrigerado	2,2 _{ba}	2,3 _{bdac}	2,2 _{ba}	2,4 _a	2,2 _b
KRYDER	Ambiente	2,1 _b	2,3 _{bdac}	2,2 _{ba}	2,3 _a	2,2 _b
	Empacado refrigerado	2,2 _{ba}	2,3 _{bdc}	2,2 _a	2,2 _a	2,2 _b
	Hipoclorito refrigerado	2,2 _{ba}	2,3 _{bac}	2,3 _a	2,4 _a	2,3 _a
	Refrigerado	2,2 _b	2,3 _d	2,1 _{ba}	2,3 _a	2,2 _b
VOLKAMERIANA	Ambiente	2,2 _{ba}	2,3 _{bdac}	2,1 _{ba}	2,3 _a	2,2 _b
	Empacado refrigerado	2,2 _{ba}	2,3 _{bdac}	2,2 _a	2,2 _a	2,2 _b
	Hipoclorito refrigerado	2,1 _b	2,4 _{bdac}	2,2 _a	2,4 _a	2,2 _b
	Refrigerado	2,2 _b	2,3 _{dc}	2,1 _{ba}	2,3 _a	2,2 _b
Error estándar		0,03	0,01	0,03	0,10	0,01

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Para Lebrija los valores de pH tienen un comportamiento similar a los valores reportados para Nataima, donde inicialmente reportan valores de 2.1 y 2.3 para los diferentes portainjertos. No hay diferencias significativas por efecto del portainjerto y condiciones de almacenamiento, durante el periodo de almacenamiento (Tabla 45).

En la tabla 46, se reportan valores de pH para la localidad de la Libertad, que a diferencia de las demás localidades presenta mayor valor en sus diferentes portainjertos entre 2.4 y 2.5, sin embargo su comportamiento en el periodo de almacenamiento es estable, sin diferencias significativas por efecto del portainjerto y condiciones de almacenamiento. Asimismo Raddatz, (2011) no encontró diferencia significativas por efecto del portainjerto y temperaturas durante el almacenamiento, los valores oscilaron entre 2.1 y 2.4; valores muy similares a reportado en este estudio. A diferencia de Souza *et al.* (2012) que reporto menores valores de pH entre 2.06 y 2.17 para diferentes portainjertos de lima ácida.

Tabla 45. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable pH de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	pH				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	2,2 _{ba}	2,2 _b	2,4 _a	2,3 _{bac}	2,4 _{ba}
	Empacado refrigerado	2,3 _{ba}	2,2 _{ba}	2,3 _{ba}	2,3 _a	2,3 _{cd}
	Hipoclorito refrigerado	2,2 _{ba}	2,3 _{ba}	2,3 _{bac}	2,3 _{ba}	2,5 _a
	Refrigerado	2,2 _{ba}	2,3 _a	2,3 _{bac}	2,2 _c	2,4 _{ba}
KRYDER	Ambiente	2,2 _{ba}	2,2 _b	2,3 _{bac}	2,2 _{bac}	2,4 _{bc}
	Empacado refrigerado	2,3 _a	2,2 _{ba}	2,3 _{bac}	2,3 _{bac}	2,3 _{cd}
	Hipoclorito refrigerado	2,2 _{ba}	2,2 _{ba}	2,2 _{bc}	2,3 _{ba}	2,4 _{ba}
	Refrigerado	2,2 _{ba}	2,2 _b	2,3 _{bac}	2,2 _c	2,4 _{ba}
VOLKAMERIANA	Ambiente	2,1 _b	2,2 _b	2,3 _{bac}	2,2 _{bc}	2,4 _{bcd}
	Empacado refrigerado	2,3 _a	2,2 _{ba}	2,3 _{bac}	2,3 _{bac}	2,3 _d
	Hipoclorito refrigerado	2,2 _{ba}	2,2 _{ba}	2,2 _c	2,3 _{bac}	2,4 _{ba}
	Refrigerado	2,2 _{ba}	2,2 _b	2,2 _{bc}	2,2 _c	2,4 _{ba}
Error estándar		0,03	0,01	0,02	0,01	0,02

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Castellanos *et al.* (2016) reportó valores de pH para lima ácida Tahití entre 2.3 y 2.5, encontrando diferencias significativas por efecto temperatura de almacenamiento.

Tabla 46. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable pH de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	pH				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	2,4 ^{bac}	2,3 ^{ba}	2,4 ^{ba}	2,5 ^a	-
	Empacado refrigerado	2,4 ^{bc}	2,3 ^{ba}	2,3 ^{bac}	2,3 ^b	2,3 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	2,5 ^{ba}	2,3 ^{ba}	2,4 ^{bac}	2,3 ^b	2,3 ^{bac}
	Refrigerado	2,4 ^{bc}	2,3 ^{ba}	2,3 ^{bc}	2,4 ^b	2,4 ^a
KRYDER	Ambiente	2,4 ^{bc}	2,3 ^{ba}	2,3 ^c	2,4 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	2,4 ^{bc}	2,3 ^{ba}	2,3 ^{bac}	2,3 ^b	2,3 ^c
	Hipoclorito refrigerado	2,5 ^{ba}	2,3 ^{ba}	2,3 ^{bac}	2,3 ^b	2,3 ^{bc}
	Refrigerado	2,4 ^c	2,3 ^{ba}	2,3 ^c	2,3 ^b	2,3 ^{bac}
VOLKAMERIANA	Ambiente	2,4 ^{bac}	2,3 ^{ba}	2,4 ^a	2,4 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	2,4 ^{bac}	2,4 ^a	2,3 ^{bac}	2,3 ^b	2,3 ^{bc}
	Hipoclorito refrigerado	2,5 ^a	2,3 ^{ba}	2,3 ^{bac}	2,3 ^b	2,3 ^{bac}
	Refrigerado	2,4 ^c	2,3 ^b	2,3 ^c	2,3 ^b	2,3 ^{ba}
Error estándar		0,01	0,01	0,02	0,02	0,01

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

4.3.2.3 Acidez titulable (AT)

En los cítricos, el ácido que se encuentra en mayor proporción entre un 85 y 95 % es el cítrico (Alia *et al.*, 2009; Nour *et al.*, 2010). Según la norma NTC establece como un porcentaje del 5% para lima ácida Tahití a partir del color 0. Mientras que la norma Mexicana NMX-FF-077-1996, indica que la acidez titulable mínima para el punto de madurez de la lima ácida Tahití no debe ser menor a 7%.

En la tabla 47, muestra los valores de acidez totales para la localidad de Nataima, donde inicialmente se evidencia diferencias significativas respecto al portainjerto, donde Kryder presenta el valor promedio más alto con 6.8 % seguido de Citrumelo y Volkameriana con 6.6 y 6.4 % respectivamente. Durante el periodo de almacenamiento, se evidencia diferencias significativas respecto al tipo de almacenamiento, a parte se observó un aumento progresivo de la acidez titulable

hasta el día 24 donde presentó una disminución para nuevamente aumentar al final. El almacenamiento refrigerado presentó mejor estabilidad de la acidez titulable durante el periodo, no siendo lo mismo para las limas al ambiente que al final presentó mayor acidez total.

Tabla 47. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable acidez titulable de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Acidez titulable (% ácido cítrico)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	7,2 ^a	6,6 ^a	8,5 ^a	7,2 ^{bac}	7,6 ^{ba}
	Empacado refrigerado	6,1 ^b	6,5 ^{ba}	7,8 ^{ebdac}	6,6 ^{ed}	7,5 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	6,7 ^{ba}	6,4 ^{bac}	7,5 ^{ebdac}	6,4 ^{ed}	7,0 ^{bac}
	Refrigerado	6,2 ^{ba}	6,3 ^{bac}	7,4 ^{ebdac}	6,6 ^{edc}	6,8 ^{bac}
KRYDER	Ambiente	7,2 ^a	6,6 ^{ba}	8,4 ^{bac}	7,5 ^a	7,6 ^{ba}
	Empacado refrigerado	6,5 ^{ba}	6,5 ^{bac}	8,1 ^{bdac}	6,6 ^{edc}	7,3 ^{bac}
	Hipoclorito refrigerado	7,2 ^a	6,5 ^{ba}	7,2 ^{edc}	6,6 ^{dc}	7,2 ^{bac}
	Refrigerado	6,4 ^{ba}	6,2 ^{bdac}	7,0 ^{ed}	6,7 ^{edc}	7,0 ^{bac}
VOLKAMERIANA	Ambiente	6,7 ^{ba}	6,4 ^{bac}	8,4 ^{ba}	7,2 ^{ba}	7,6 ^a
	Empacado refrigerado	6,2 ^{ba}	6,0 ^{bc}	7,7 ^{ebdac}	6,3 ^{ed}	6,5 ^c
	Hipoclorito refrigerado	6,6 ^{ba}	6,2 ^{bdc}	7,4 ^{ebdc}	6,0 ^e	6,8 ^{bac}
	Refrigerado	6,1 ^b	5,8 ^d	7,0 ^e	6,2 ^{ed}	6,7 ^{bc}
Error estándar		0,21	0,09	0,19	0,12	0,18

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Lebrija inicialmente presentó mayor valor de acidez titulable para los diferentes portainjertos, respecto a las demás localidades, donde Citrumelo presentó mayor valor con 7.1 %, seguido de Kryder y Volkameriana con 6.9 y 6.8 % respectivamente (Tabla 48). Al igual que Nataima presentó un aumento de valor de la acidez titulable al transcurrir el periodo de almacenamiento, donde los diferentes tipos de almacenamiento presentaron diferencias significativas, siendo el ambiente el de mayor valor al final el periodo. Respecto a los demás condiciones de almacenamiento no es evidente una diferencia marcada entre ellos.

Tabla 48. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable acidez titulable de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Acidez titulable (% ácido cítrico)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	7,3 ^a	6,6 ^{bc}	7,3 ^{bac}	7,2 ^{bdac}	7,4 ^a
	Empacado refrigerado	6,8 ^{bac}	7,6 ^c	7,2 ^{bdac}	7,0 ^{ebdac}	7,2 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	7,1 ^{ba}	7,2 ^{bac}	6,8 ^{edc}	6,4 ^e	7,1 ^{ba}
	Refrigerado	7,1 ^{ba}	6,9 ^{bac}	6,8 ^{edc}	7,7 ^a	6,6 ^{bc}
KRYDER	Ambiente	7,1 ^{ba}	6,6 ^c	7,4 ^{ba}	7,2 ^{bdac}	7,6 ^a
	Empacado refrigerado	6,8 ^{bc}	7,3 ^{bac}	6,9 ^{edc}	7,0 ^{ebdac}	7,3 ^a
	Hipoclorito refrigerado	6,7 ^{bc}	7,2 ^{bac}	7,0 ^{ebdac}	6,8 ^{edc}	7,2 ^{ba}
	Refrigerado	7,1 ^{ba}	7,2 ^{bac}	6,7 ^{ed}	7,5 ^{ba}	6,4 ^c
VOLKAMERIANA	Ambiente	6,5 ^c	6,7 ^{bc}	7,4 ^a	6,9 ^{ebdc}	7,7 ^a
	Empacado refrigerado	6,8 ^{bac}	7,4 ^{ba}	6,8 ^{edc}	7,0 ^{ebdc}	7,2 ^{ba}
	Hipoclorito refrigerado	6,7 ^{bc}	7,2 ^{bac}	6,7 ^e	6,6 ^{ed}	7,1 ^{ba}
	Refrigerado	7,1 ^{ba}	6,9 ^{bac}	6,9 ^{ebdc}	7,4 ^{bac}	6,9 ^{bac}
Error estándar		0,03	0,01	0,02	0,01	0,02

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

La Libertad por su parte presentó los valores más bajo de acidez titulable respecto a las demás localidades, donde inicialmente Kryder tiene el mayor valor promedio con 6.5%, seguido de Citrumelo y Volkameriana con 6.4 y 6.2 % respectivamente (Tabla 49). Durante el almacenamiento los valores de acidez titulable sufrieron variación, presentando diferencias significativas respecto a condiciones de almacenamiento, y al igual que las demás localidades la temperatura de almacenaje influyó en el aumento de la acidez titulable, a mayor temperatura mayor fue su aumento.

En general las tres localidades mostraron valor por entre 6.1 y 7.1, lo que indica que es por encima de lo que establece la norma NTC 4087 para su comercialización, sin embargo estos valores concuerdan con los encontrados por Raddatz (2011) donde encontró valores de acidez total en un rango de 6 a 7.2 % de ácido cítrico en todos

los portainjertos y condiciones de almacenamiento. En este sentido muchos investigadores coinciden (Alfredo *et al.*, 2007; Martín, 2004, Berlingieri *et al.*, 2005; Rao *et al.*, 1983) en valores de acidez total para lima ácida Tahití en diferentes regiones productoras (Brasil, India y Costa Rica) de 6.0, 6.5 6.7 y 7.9 % de ácido cítrico. Valores que son similares a los reportados para las diferentes de localidades.

Tabla 49. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable acidez titulable de las limas, localidad la Libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Acidez total (% ácido cítrico)				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	6,5 ^{ba}	6,8 ^{bac}	7,4 ^{ba}	6,3 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	6,1 ^b	6,9 ^{ba}	7,0 ^{bdc}	6,9 ^{ba}	6,9 ^a
	Hipoclorito refrigerado	6,5 ^{ba}	6,7 ^{bac}	7,3 ^{bac}	7,1 ^a	7,0 ^a
	Refrigerado	6,5 ^{ba}	6,2 ^d	6,9 ^{bdc}	6,6 ^{ba}	6,9 ^a
KRYDER	Ambiente	6,6 ^a	6,7 ^{bac}	7,5 ^a	7,1 ^a	-
	Empacado refrigerado	6,4 ^{ba}	7,1 ^a	7,0 ^{bdac}	6,8 ^{ba}	7,0 ^a
	Hipoclorito refrigerado	6,4 ^{ba}	6,6 ^{bdc}	7,5 ^a	7,1 ^a	7,1 ^a
	Refrigerado	6,5 ^{ba}	6,4 ^{bc}	6,9 ^{bdc}	7,1 ^a	6,9 ^a
VOLKAMERIANA	Ambiente	6,2 ^{ba}	6,7 ^{bac}	7,1 ^{bdac}	6,7 ^{ba}	-
	Empacado refrigerado	6,3 ^{ba}	6,6 ^{bdc}	6,8 ^{bc}	6,1 ^b	6,4 ^a
	Hipoclorito refrigerado	6,1 ^b	6,4 ^{bc}	6,9 ^{bdc}	6,4 ^{ba}	6,6 ^a
	Refrigerado	6,3 ^{ba}	6,2 ^d	6,7 ^d	6,5 ^{ba}	6,7 ^a
Error estándar		0,09	0,08	0,10	0,18	0,13

Notas: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

Independiente del portainjerto empleado la acidez titulable presento aumento durante su periodo de almacenamiento para diferentes localidades, donde los frutos al ambiente presentaron mayor aumento de acidez titulable, debido al consumo de los ácidos orgánicos en el proceso de respiración de la fruta, lo cual aumenta con la temperatura. Por su parte Castellanos *et al.* (2016) encontró que los frutos lima ácida Tahití almacenados a 30°C mostraron mayor valores de acidez total (7,3%), respecto a las demás temperaturas (10 y 18°C).

4.3.2.4 Relación sólidos soluble total/ acidez titulable (SST/AT)

La relación de sólidos soluble totales / acidez titulable, para las limas y limones no está considerada un índice de madurez (Ladaniya, 2008). Sin Embargo, es un parámetro de calidad que permitiría determinar lo dulce o amargo del fruto. En la literatura se reportan valores desde 1.1 hasta 1.4 como adecuados para la comercialización de la lima ácida Tahití (Martín, 2004; Berlingieri *et al.*, 2005; Neves *et al.*, 2008).

La norma NTC 4087, para la lima ácida Tahití no establece la relación de SST/AT como un parámetro de calidad para su comercialización, sin embargo México siendo el país de mayor exportación establece según la norma NMX-FF-077-1996 que la relación SST/AT está en 0.97. Para la localidad de Nataima los frutos durante el periodo de almacenamiento la relación de SST/AT mantuvieron valores por encima de lo establecido en la norma mexicana (Tabla 50), al igual que los valores que reporta la literatura (Alias *et al.*, 2009). Inicialmente los diferentes portainjertos no presentaron diferencias significativas en la relación SST/AT, sin embargo el portainjerto Citrumelo reporto el mayor valor promedio con 1.35, por otra parte durante el periodo de almacenamiento no hay diferencia significativa respecto al portainjerto y condición de almacenamiento, no obstante los días 16 y 24, presenta una diferencia significativa no marcada con el almacenamiento ambiente.

Tabla 50. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable relación SST/AT de las limas, localidad Nataima.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Relación SST/AT				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	1,1 _a	1,1 _a	1,0 _b	1,2 _b	1,2 _a
	Empacado refrigerado	1,4 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,3 _{ba}	1,2 _a
	Hipoclorito refrigerado	1,6 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,3 _{ba}	1,3 _a
	Refrigerado	1,3 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,3 _{ba}	1,2 _a
KRYDER	Ambiente	1,1 _a	1,1 _a	1,0 _{ba}	1,1 _b	1,2 _a
	Empacado refrigerado	1,3 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,3 _{ba}	1,2 _a
	Hipoclorito refrigerado	1,2 _a	1,1 _a	1,2 _{ba}	1,2 _{ba}	1,3 _a
	Refrigerado	1,4 _a	1,1 _a	1,2 _a	1,3 _{ba}	1,2 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	1,2 _a	1,1 _a	1,0 _b	1,2 _b	1,2 _a
	Empacado refrigerado	1,3 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,3 _{ba}	1,4 _a
	Hipoclorito refrigerado	1,2 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,4 _a	1,3 _a
	Refrigerado	1,3 _a	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,3 _{ba}	1,2 _a
Error estándar		0,16	0,03	0,04	0,04	0,19

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En la tabla 51, la localidad de Lebrija al igual que Nataima inicialmente los diferentes portainjertos no presentaron diferencias significativas en cuanto a la relación SST/AT, sin embargo durante el periodo de almacenamiento a partir de la primera semana muestras unas diferencia significativas respecto al tipo de almacenamiento y portainjerto, no obstante se podría diferir de programa estadístico, ya que no son tan marcadas estas diferencia que no se puede establecer que condición es mejor respecto a las demás.

Para la localidad de la libertad (Tabla 52), se puede apreciar que inicialmente y durante el periodo de almacenamiento no se presentaron diferencias significativas en cuanto las condiciones de almacenamientos y los diferentes portainjertos, respecto a la relación de SST/AT.

Tabla 51. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable relación SST/AT de las limas, localidad Lebrija.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Relación SST/AT				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	1,1 a	1,3 a	1,2 ba	1,3 ba	1,2 ba
	Empacado refrigerado	1,2 a	1,1 dc	1,2 ba	1,2 bac	1,2 ba
	Hipoclorito refrigerado	1,2 a	1,2 bdac	1,3 a	1,4 a	1,2 ba
	Refrigerado	1,2 a	1,2 bac	1,3 a	1,1 dc	1,3 a
KRYDER	Ambiente	1,2 a	1,3 ba	1,1 ba	1,2 bac	1,1 b
	Empacado refrigerado	1,2 a	1,1 bdc	1,2 a	1,2 bdc	1,1 b
	Hipoclorito refrigerado	1,2 a	1,1 bdac	1,2 ba	1,3 ba	1,2 ba
	Refrigerado	1,1 a	1,1 bdc	1,3 a	1,1 dc	1,3 a
VOLKAMERIANA	Ambiente	1,2 a	1,2 bac	1,1 b	1,2 bac	1,1 b
	Empacado refrigerado	1,2 a	1,1 d	1,2 ba	1,2 bdc	1,1 b
	Hipoclorito refrigerado	1,2 a	1,1 d	1,2 ba	1,2 bac	1,1 ba
	Refrigerado	1,1 a	1,1 bdc	1,2 ba	1,0 d	1,2 ba
Error estándar		0,02	0,03	0,10	0,18	0,13

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

En general los tres localidades mantuvieron valores de relación SST/AT entre 1.0 y 1.4, valores que están por encima de lo reportado por la norma mexicana NMX-FF-077-1996, y dentro de lo reportado en la literatura (Martín, 2004; Berlingieri *et al.*, 2005; Neves *et al.*, 2008). Por su parte Lye *et al.* (2003) no encontraron diferencia en la relación SST/AT en los diferentes tratamiento utilizado para lima ácida Tahití reportando valores entre 1.3 y 1.4; a diferencia de Berlingieri *et al.* (2005); Araujo *et al.* (2015) que encontraron valores entre 1.07 y 1.11 para lima ácida Tahití. También Kluge *et al.*, (2007); Blum y Ayub (2008) no encontraron variación en SST/AT de la lima ácida Tahití en los diferentes tratamiento reportando valores entre 1.3 y 1.6; mientras que Souza *et al.* (2012), reportaron valores altos a diferencia de los de más autores para lima entre 1.95 y 2.05, sin embargo no encontró diferencia por efecto del tratamiento. Castellanos *et al.* (2016) reportaron valores entre 1.2 y 1.35, por efecto

de la temperatura. Es evidente que no hay influencia del portainjerto y la localidad en la relación de SST/AT, y mucho menos por el tipo de almacenando empleado.

Tabla 52. Comparación de medias entre los diferentes tipos de almacenamientos para la variable relación SST/AT de las limas, localidad la libertad.

PORTAINJERTOS	ALMACENAMIENTO	Relación SST/AT				
		0 día	8 días	16 días	24 días	35 días
CITRUMELO	Ambiente	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,3 _a	-
	Empacado refrigerado	1,1 _a	1,1 _b	1,1 _a	1,1 _a	1,1 _a
	Hipoclorito refrigerado	1,0 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,1 _a	1,1 _a
	Refrigerado	1,0 _a	1,2 _{ba}	1,1 _a	1,3 _a	1,1 _a
KRYDER	Ambiente	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,1 _a	-
	Empacado refrigerado	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,1 _a	1,1 _a
	Hipoclorito refrigerado	1,1 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,1 _a	1,1 _a
	Refrigerado	1,1 _a	1,2 _{ba}	1,1 _a	1,1 _a	1,2 _a
VOLKAMERIANA	Ambiente	1,0 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,2 _a	-
	Empacado refrigerado	1,0 _a	1,1 _{ba}	1,0 _a	1,2 _a	1,2 _a
	Hipoclorito refrigerado	1,0 _a	1,1 _{ba}	1,1 _a	1,2 _a	1,2 _a
	Refrigerado	1,0 _a	1,2 _a	1,1 _a	1,1 _a	1,1 _a
Error estándar		0,03	0,02	0,02	0,05	0,04

Nota: Medias con por lo menos una letra en común no difieren estadísticamente según prueba de tukey ($\alpha = 0.05$).

5 CONCLUSIÓN

Se identificó la interacción entre la localidad y el portainjerto para la localidad de Lebrija, siendo las características físicas las de mayor influencia. Kryder es el portainjerto que presentó mejor tamaño, firmeza, color y porcentaje de jugo para la localidad de Lebrija. El portainjerto Volkameriana es el de mejor estabilidad para las localidades de Nataima y La libertad.

Las condiciones edafoclimáticas, influye sobre la calidad de lima ácida Tahití, especialmente sobre las variables internas de la lima como lo son: porcentaje de jugo, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), pH, y la relación SST/AT.

Lebrija se caracteriza por presentar portainjerto con mayor porcentaje de jugo y pH. Por su parte La Libertad se caracteriza por tener mayor contenido de SST y AT y para Nataima frutos más dulces en relación de SST/AT.

Los frutos de lima ácida Tahití almacenados a temperatura ambiente presentaron una notable pérdida de peso, un aumento de la firmeza y una alta degradación de su color durante los primeros 15 días de almacenamiento demeritando su calidad y limitando su participación en los mercados internacionales.

Las condiciones de almacenamiento, a temperatura de 10°C, conserva mejor las características de calidad del fruto, obteniendo frutos a los 35 días con calidad de exportación.

El uso de empaque genera mejor estabilidad de las limas, en cuanto a pérdida de peso, firmeza, color, porcentaje de jugo, para las tres localidades, siendo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agustí. M. 2003. Citricultura. Departamento de producción vegetal. Universidad Politécnica. Valencia-España. Segunda Edición. Ediciones Mundiprensa. 422 p.

Albarracín. P.; Prieto. D.; Barnes. N.; Paz. D.; Genta. H. 2011. Elaboración de dietas utilizando cáscara de limón en alimento para ganado bovino.

Alfa. I.; Beltran. M.; Alonso. A.; Ariza. R. 2009. Calidad del limón persa y naranja valencia en el estado de Morelos. Secretaria de agricultura. Ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. Folleto técnico N° 41.

Alfredo. K.; Lye. J.; Kazuhiro. F.; Pedro J.; Saavedra del A. 2007. Chilling injury and quality of citric fruits submitted to thermal treatments and cold storage. Rev.Bras Frutic. 29: 233-238.

Al-Jaleel. A.; Zekri. M.; Hammam. Y. 2005. Yield, fruit quality, and tree health of Allen Eureka' lemon on seven rootstocks in Saudi Arabia. Scientia Horticulturae. 105, 457-465.

Álvarez. L.; Vicent. A.; De la Roca. E.; Bascón. J.; Abad. P.; Armengol. J.; García. J. 2008. Branch cankers on citrus trees in Spain caused by *Phytophthora citrophthora*. Plant Pathology 57(1): 84-91.

Amorós. M. (2003) Los patrones en citricultura. Producción de agrios. Ed. Mundiprensa Libros SA. p. 144-145.

Araújo. S.; Pinto. V.; Castro. Mota.; Oliveira de Jesus. M.; Nunes. N.; Polete. G. 2015. Uso de fécula de mandioca e extrato de cravo e canelana conservação pós-colheita de lima ácida 'Tahiti'. Apoio financeiro: FAPEMIG, CAPES

Arbeu. R.; Villegas. A.; Ruíz. L.; Sahagún. J.; Colinas. M. 2009. Interacción lima persa-portainjertos efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. Revista Chapingo. Serie horticultura. 16(2): 91-97.

Arbona. V.; López. M.; Pérez. R.; Gómez. A. 2009a. Maintenance of a high photosynthetic performance in linked to flooding tolerance in citrus. Environmental and Experimental Botany 66: 135-142.

Arévalo. P. 2016. Caracterización físico - química en poscosecha de diferentes materiales de lima ácida Tahití. (*Citrus latifolia* Tanaka) para exportación. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia. 29 p.

Arias. C.; Toledo. J. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos) <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>. Consultado julio 12 de 2016

Association of official of Analysis Chemists. (AOAC). 2010. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 11a edition. Washington.

Aular. J.; Casares. M.; Natale. W. 2017. Factors affecting citrus fruit quality: Emphasis on mineral nutrition. Científica, Jaboticabal, v.45, n.1, p.64-72, 2017

Avila. R.; Leal. F.; Batista. D. 1994. Patrones. En: Manual de fruticultura. Caracas. Venezuela. Ediciones América. Segunda edición. p. 1221 – 1227.

Babazadeh. B. 2009. The effects of rootstock on the volatile flavor components of Page mandarin juice and peel. Ph.D of science Thesis. Islamic Azad University. Science and Research Branch.

Barrera. M. 2008. Ficha de Producto de El Salvador hacia el Mercado de la Unión Europea UE25.

Bassal. M. 2009. Growth, yield and fruit quality of Marisol' clementine grown on four rootstocks in Egypt. Sci. Hort. 119, 132–137.

Bassan. M.; Mourão. F.; Alves. F.; Alves. R.; Bezerra. D.; Couto. H.; Jacomino. A. 2016. Postharvest packing process of 'Tahiti' acid lime affects their quality and conservation. Ciência Rural. 46(1):184-190.

Berdeja. R.; Aguilar. L.; Moreno. D.; Vázquez. G.; Ibáñez. A.; Ontiveros. R. 2016. Calidad de fruta de lima 'Persa' en diferentes portainjertos en Veracruz. México. Acta agrícola y pecuaria. 2 (1): 17-22.

Berlingieri. M.; Mattiuz. B.; Durigan. J. 2005. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida 'Tahiti' armazenada sob condição ambiente. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal -27(3):369-372.

Berlingieri. M.; Mattiuz. J.; Durigan. 2005. Mechanical injuries on postharvest quality of 'Tahiti' lime stored under environmental conditions. Rev. Bras. Frutic. 27:369-372.

Blum. J.; Ayub. R. 2008. Conservação pós-colheita da lima ácida "Tahiti" tratada com 1-metilciclopropano. Biotemas. 21 (2): 27-31.

Brackmann. A.; Anese. R.; Both. V.; Thenes. F.; Fronza. D. 2012. Atmosfera controlada para armazenamento de goiaba cultivar Paluma. Revista Ceres. 59(2):151-156.

Bremer. H.; Mourão. F.; Stuchi. E.; Espinoza. E.; Cantuarias. T. 2013. The horticultural performance of five "Tahiti"lime selection grafted onto 'Swingle'citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. Scientia Horticulturae. 150:181-186.

Brown. G.; Eckert. J. 1993 Postharvest fungal diseases. In: Whiteside JO. Garnsey SM. Timmer LW (Eds) Compendium of Citrus Diseases (2nd Edn). APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota. USA. 30-38 p.

Bustamante. A.; Isaza. R. 2015. Identificación de Subproductos, obtenidos a partir de Segundas y terceras producciones de cítricos, para su aprovechamiento industrial y agroindustrial. RED TECNOPARQUE COLOMBIA. Informe ejecutivo vigilancia tecnológica

Cañizares. A.; Sanabría. M.; Rojas. E. 2005. Anatomía de la hoja de Lima Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). Revista UDO Agrícola. 5(1): 68-73.

Camejo. G.; Ferrer. A.; Pefia. J.; Cedeño. M. 2006. Extracción y caracterización de pectina en limones injertados de la región Zuliana. Rev. Fac. Agron. 13, 641-645.

Casaca. A. 2005. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. El cultivo de limón persa.

Castellano. G.; Martínez. L.; Hidalgo. L.; Pablo. R.; Núñez. K.; Sindoni. V.; María. J.; Marín. C.; Ramírez. R.; Burgos. M. 2016. Efecto de la temperatura de almacenaje sobre las características organolépticas de frutos de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 17(1): 8-14.

Castle. W.; Bowman. K; Baldwin. J; Grosser. J; Gmitter. F. 2011. Rootstocks Affect Tree Growth, Yield, and Juice Quality of Marsh' Grapefruit. HortScience. 46, 841-848.

Castle. W.; Tucker. D.; Krezdorn. A.; Youtsey. C. 1993. Rootstocks for Florida citrus. Rootstock selection. The first step to success. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Florida. USA.

Chitarra. M.; Chitarra. A. 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: UFLA. 785p.

Coelho. I. 1993. Lima ácida 'Tahiti' para exportação: aspectos técnicos da produção. Ministério da Agricultura. do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Desenvolvimento Rural. Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas. Hortaliças. Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA-SPI. 35P.

Colprensa. (2015). Colombia podría ser proveedor de limón tahití a Estados Unidos., de http://www.larepublica.co/colombia-podr%C3%ADa-ser-proveedor-delim%C3%B3n-tahit%C3%AD-estados-unidos_317766

Contreras, M.; Almaguer g.; Espinoza J.; Maldonado. R.; Álvarez. E. 2008. Distribución radical de árboles de lima Persa. Revista Chapingo Serie Horticultura 14 (2): 223-234.

Corporación PROEXANT. Promoción de Exportaciones Agrícolas no Tradicionales. Hojas Técnica: Limón Tahiti. Quito. www.proexant.org.ec

Darjazi. B. 2011. The effects of rootstock on the volatile flavour components of page mandarin [(*Citrus reticulata* var dancy × *Citrus paradisi* var dancan) × *Citrus clemantina*] flower and leaf. African Journal of Agricultural Research. 6, 1884-1896.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (DANE). 2014. Cultivo del limón o lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) frente a los efectos de las condiciones climáticas adversas. Boletín mensual Insumos y factores asociados a la agropecuaria.

Di Giacomo. A.; Di Giacomo, D. 2002. Essential oil production. In: Dugo G, Di Giacomo A (Eds) *Citrus: The Genus Citrus* (1st Edn), CRC press Taylor and Francis group, Boca Raton, FL, USA, pp 114-147.

Dorado. D. 2011. Influencia del riego y la fertilización en el rendimiento y calidad de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka). Trabajo de tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias con Énfasis en suelos. Universidad Nacional de Colombia facultad de Ciencias Agropecuarias Coordinación General De Posgrados.

Domingo. M.; López. R.; López. S. 2010. Aprovechamiento de desperdicios del beneficio del limón. Instituto tecnológico de Oaxaca. Sociedad Oaxaqueña de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Dorado. D.; Grajales. L.; Ríos. L. 2015. Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) (Rutaceae). *Corpoica Cienc Technol Agropecu.* 16(1): 87-93.

Dussel. P. 2002. Territorio y competitividad en la agroindustria en México: Condiciones y propuestas de política para los clusters del limón Mexicano en Colima y la piña en Veracruz (1st Edn). Plaza y Valdez-CEPAL-INIFAP Universidad de Colima-Ayuntamiento de Isla. 270 p.

Escobar. W. 2008. Factores de producción y comercialización frutícola: cítricos. En Gómez. G. Caicedo. A. y Gil. L. (Ed). *Tecnología para el cultivo de cítricos de en la Región Caribe Colombiana.* Bogotá. Colombia: Produmedios.

Espinoza. A.; Arreaza. R.; Cardona. E.; Méndez. J.; Cañizares. A.; Buonafina. O. 2008. Efecto del Empaque, Temperatura y Tiempo de Almacenamiento sobre Características Físicas de Frutos de Parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) *Revista Tecnológica ESPOL*, 21(1):55-63.

Espinoza. E.; Alves. F.; Sanches. E.; Cantuarias. T.; Dias. C. 2011. Performance of Tahiti lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. *Scientia Horticulturae* 129: 227-231.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 1987. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Santiago. Chile.

Figueiredo. O.; Stuchi. E.; Donadio. L.; Sobrinho. J.; Laranjeira. F.; Pi. R.; Sempionato. O. 2002. Porta-enxertos para a lima ácida Tahiti' na região de Bebedouro. SP. Revista Brasileira de Fruticultura. 24:155-159.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2013.

Frédérique. J. 2014. El limón astuto (2da. ed.). Buenos Aires. Argentina: Ateneo.

Gáleas. I. 2015. Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad tahití (*Citrus latifolia* tan.). Proyecto previo a la obtención del título de ingeniera Química. Escuela politécnica nacional facultad de ingeniería química y agroindustria.

Gayet. J.; Salvo. A. 2003. Colheita e beneficiamento. In: Mattos Junior. D. de et al. Lima ácida 'Tahiti'. Campinas: Instituto Agrônômico. Pp.147-162.

Georgiou. A. 2009. Evaluation of rootstocks for the Cyprus local lemon variety Lapithkiotiki'. *Scientia Horticulturae*. 123, 184-187.

Gómez A.; Pozo. O.; García. P.; Sancho. J. 2001a. Direct analysis of abscisic acid in crude plant extracts by liquid chromatography-electrospray/ tandem mass spectrometry. *Phytochemical. Analysis* 13: 228-234.

Gómez. K.; Ávila. E.; Escalona. A. (1999). Curva de crecimiento, composición interna y efecto de dos temperaturas de almacenamiento sobre la pérdida de peso de frutos de parchita 'Maracuyá' (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*)". *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 25: 125-137.

González. F. 2011. Compilación bibliográfica del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Trabajo recepcional. Universidad veracruzana. Facultad de ciencias químicas.

Hamza. A.; Bamouh. A.; El Guilli. M.; Bouabid. R. 2012. Response of Clementine citrus var. Cadoux to foliar potassium fertilization. Effects on fruit production and quality. *International Potash Institute Bulletin* 31:8-15.

Hernández. R.; Mateus. D.; Orduz. O. 2014. Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 8(2):217-229.

Hours. R.; Ferreyra. M.; Gerard. L.; Zapata. L.; Davies. C. (2005) Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 31, 219-239.

Jasso. J.; Lozano. M.; Barroso. H.; Morales. D.; Guillén. H.; Chan. Y.; Magaña. L. 2011. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón Persa *Citrus latifolia* Tan. En la etapa de desarrollo.

Jiménez. V.; García. B.; Santos. M. 1981 Influencia de cinco patrones sobre la calidad de la lima Persa SRA-58 (*Citrus latifolia*) en el sur de la Habana. *Agrotecnia de Cuba*. 13: 21-29.

Jomori. M.; Kluge. R.; Jacomino. A.; Tavares. S. 2003. Conservação refrigerada de lima ácida "Tahiti": uso de 1-metilcicloropeno, ácido giberélico e cera. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 25(3): 406-409.

Jongedijk. E.; Cankar. K.; Buchhaupt. M.; Schrader. J.; Bouwmeester. H.; Beekwilder. J. 2016. Biotechnological production of limonene in microorganisms. *Appl Microbiol Biotechnol* 100:2927-2938

Jordá. M. 2011. *Diccionario práctico de gastronomía y salud*. Madrid. España: Ediciones Díaz de Santo.

Juan. C. 2014. Estudio de factibilidad de la extracción del aceite esencial del epicarpio del limón persa (*Citrus latifolia*, tanaka), a escala laboratorio y escala planta piloto, realizado en el centro de investigaciones de ingeniería, usac. En el acto de investidura como ingeniera en industrias agropecuarias y forestales en el grado académico de licenciado. Universidad de San Carlos de Guatemala facultad de agronomía.

Kluge. A.; Lye. J.; Kazuhiro. E.; Jacomino. A.; De Aguila. J. 2007. Chilling injury and quality of citric fruits submitted to thermal treatments and cold storage. *Rev.Bras Frutic*. 29(2): 233-238.

Ladaniya. M. 2008. *Citrus fruits. Biology. Technology and Evaluation*. Elsevier-Academic Press. USA. 558 p.

Lado. J.; Rodrigo. M.; Lorenzo. Z. 2014. Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review* 2014. 2:2 www.stewartpostharvest.com ISSN: 1745-9656

Lallan. R.; Singh. S.; Marathe. R. 1999. Performance of pre-bearing acid lime on various rootstocks strains. *India Agric. Sci*. 69:193-197.

Legua. P.; Bellver. R; Forner. J.; Forner. M. 2011. Trifoliata hybrids rootstocks for Lane Late' navel orange in Spain. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 68, 548-553.

López. M.; Arbona. V.; Pérez. R.; Gómez A. 2008. Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in *Citrus*. *Environmental and Experimental Botany* 62:176-184.

Lota. M.; De Rocca. D; Tomi. F.; Jacquemond. C.; Casanova. J. 2002. Volatile components of peel and leaf oils of lemon and lime species. J. Agric. Food Chem. 50, 796-805.

Luchetti. M.; Mattos. J.; Negri. J.; Figueiredo. J. 2003. Aspectos gerais e distribuição de cultivo. In Lima ácida Tahiti. Campinas. Instituto Agrônômico. p.1 -12.

Lye. M.; Kluge. R.; Jacomino. A.; Tavares. S. 2003. Conservação refrigerada de lima ácida 'tahiti': uso de 1-metilciclopropeno. ácido giberélico e cera. Rev. Bras. Frutic.. Jaboticabal - SP. 25(3):406-409.

Malo. S.; Campbell. C.; Balerdi. C.; Crane. J. 2012. Limón persa en Florida.

Martín. T. 2004. Almacenamiento poscosecha y calidad de lima persa *Citrus latifolia* Tan. Consejo Nacional de Producción. Boletín Núm. 43. 2 p.

Martínez. H.; Peña. Y. 2005. La cadena de cítricos en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica.

Mazariegos M. 2008. Identificación y cuantificación de los componentes principales del aceite esencial del flavedo (cáscara) de *Citrus reshni* (Mandarina Cleopatra), *Citrus reticulata* (Mandarina común) y *Citrus reticulata* Blanco o *Citrus tangerina* (Mandarina Dancy) por medio de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Mcguire. G. 1992. Reporting of objective color measurement. HortScience 27: 1254-1255

Medina. V.; Robles. M. 2004. Situación actual y perspectivas del limón mexicano. In: 2do Simposium internacional de Citricultura. 26-28 Agosto. 2004. Puerto Escondido. Oaxaca. México. Pp.1-10.

Mejías. M.; Aflallo. A. 2007. La salud está en su despensa: El poder curativo de los alimentos. Madrid. España: EDAF. S.L.

Mendonça. V.; Conceição. L.; Piedade. A.; Carvalho. J.; Theodoro. V. 2006
Caracterização da composição química e do rendimento dos resíduos industriais do limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). Ciência e Tecnologia de Alimentos, (26):4 pp. 870-874.

Miller. J.; Lang. J.; Ley. M.; Nagle. R.; Hsu. C.; Thompson. P.; Cordova. C.; Waer. A.; Chow. H. 2013. Human Breast Tissue Disposition and Bioactivity of Limonene in Women with Early-Stage Breast Cancer.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (MADR). 2014. Anuario estadístico agropecuario. Sistema de Estadísticas Agropecuarias (SEA).

Miranda. M.; Campelo. J. 2010. Desenvolvimento e qualidade da lima ácida Tahiti em Colorado do Oeste. RO. Rev. Ceres. Viçosa. (57):6 787-794.

Morales. A. 2011. Frutoterapia. nutrición y salud (9na. ed.). Madrid. España: EDAF.

Morgan. K.; Rouse. R.; Roka. F.; Futch. S.; Zekri. M. 2005. Leaf and fruit mineral content and peel thickness of Hamlin orange. Proc. Fla. State Hort. Soc. 118: 19-21.

Mulderij, R. (2016). Fresh Plaza. Recuperado de <http://www.freshplaza.com/article/155860/OVERVIEW-GLOBAL-LIMES-MARKET>

Murata. T. 1997. Citrus. In: Mitra SK (Ed) Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits (1st Edn). CAB International. Wallingford. UK. Pp 21-46.

Neves. L.; Moreno. B.; Xavier da. S.; Lopez. V.; Ruffo. R. 2008. Cold damage in Tahiti acid limes harvested in different periods and submitted to chemical and biochemical treatments. Rev. Bras. Frutic Jaboticabal 30: 377-384.

Noguera. L.; Corzo. L.; Vázquez. P. 2015. Utilización de un desecho de la producción de jugo de limón persa (citrus latifolia) en la obtención de pectina cítrica. Departamento de Bioprocesos. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI)- Instituto Politécnico Nacional.

Noriega. C.; Gonzalez. R.; Garrido. M.; Pereyda. J.; Dominguez. H.; López. M. 2012. Evaluación de dos sistemas de producción de limón Mexicano en Guerrero, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 15: 415-425.

Norma técnica colombiana (NTC-4087). Fruta fresca. Lima Tahití. Especificaciones

Orduz, J. (2014). Especies cítricas en Colombia Recomendaciones para uso de patrones de lima ácida Tahití en diferentes zonas del país. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA-. C.I. La Libertad, Meta.

Orduz. J.; León. G.; Arango. L. 2009. Lima ácida Tahití: Opción agrícola para los llanos orientales de Colombia. Boletín técnico: No. 53. Primera edición.

Orduz. J.; Rodríguez. D.; Cagua. M. 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA-. C.I. La Libertad, Meta. 44.

Ortuño. M. 2006. Manual práctico de aceites esenciales. aromas y perfumes. Madrid. España: Aiyana.

Paixão. P.; Fonseca. S.; Feitosa. F.; Aguiar. F.; Mizobutsi. G. 2015. Caracterização físico-química de lima àcida “Tahiti” cultivada no Norte de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças. 001. Anais. Aracaju-SE.

Padayatty. J.; Katz. A.; Wang. Y.; Eck. P.; Kwon. O.; Lee. JH.; Chen. S.; Corpe. C.; Dutta. A.; Dutta. SK.; Levine. M. 2003 Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. A review. Journal of the American College of Nutrition 22, 18–35.

Paliyath. G.; Murr. 2008. Biochemistry of fruits. In: Postharvest Biology and technology of fruits, vegetables and Flowers. Paliyath. G. D. P. Murr. A. K. Handa. S. Lurie. (eds.) Wiley-Blackwell. USA. pp: 19-50.

Pinto. M. 2008. Consideraciones sobre cosecha y postcosecha en cítricos. En Gómez. G., Caicedo. A. y Gil. L. (Ed). Tecnología para el cultivo de cítricos de en la Región Caribe Colombiana. Bogotá. Colombia: Produmedios.

Piña. G.; Laborem. G.; Monteverde. E.; Magaña. S.; Espinoza. M.; Rangel. L. 2006. Crecimiento, producción y calidad de frutos en limeros ‘persa’ sobre 11 portainjertos. Agronomía Trop. 56(3):433-448.

Quaggio. J.; Mattos. D.; Cantarella. H.; Almeida. E.; Cardoso. S. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. Scientia Horticulturae. Volume 96, Issues 14: 151-162.

Quiroga. J.; Quiroga. J.; Cardona. F.; Hernández. L.; Hernández. M. Orduz. J. 2010. Comportamiento de la producción de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada sobre el patrón de Mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco) y la influencia del virus de la tristeza (CTV) en condiciones del piedemonte del Meta. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA-. C.I. La Libertad, Meta.

Raddatz. D. 2011. Efecto del portainjerto en la calidad, composición química de azúcares y aceite esencial, glándulas oleíferas y el desarrollo de oleocelosis en lima Persa (*Citrus latifolia* T.). Tesis de Maestría para optar al título Maestra en biología Experimental. Universidad Autónoma Metropolitana -Unidad Iztapalapa. México. Pp 20.

Rao. M.; Hittalmani. S.; Bojappa. K. 1983. A comparative study on the development physiology of Kagsi (*C. aurantifolia* Swingle) y Tahiti (*C. latifolia* Tanaka) lime fruits. Proc. Int. Citrus Symp. Bangalore, Horticulture Society of India. pp: 211-216.

Rivera. F.; Jacuinde. J.; Diaz de Leon. F.; Perez. L. 2007b. Total antioxidant activity of citrus fruits and their phenolic composition. 3rd Workshop on comparative aspects of oxidative stress in biological systems.

Rivera. F.; Ponce. M.; Díaz de León. F.; Buentello. B.; Villegas. A.; Pérez. L.; 2010. Acid limes: A review. *Fresh Produce* 4:116-122.

Rivera. F.; Raddatz. D.; Villegas. A.; Curtí. S. 2009. Efecto de dos portainjertos tolerantes al VTC en la calidad postcosecha de lima Persa (*Citrus Latifolia* T.). In: *Proceedings of 54th Meeting of the InterAmerican Society for Tropical Horticulture*. 52:131-133.

Rodríguez. M. (2002). *Guía Técnica, cultivo de limón pérsico*. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal.

Rojas. P.; Perea. LL.; Ortíz. C. 2007. Determinación por HPLC de flavanonas en jugos cítricos de variedades cultivadas en santander. *cientia et Technica* Año XIII.

Salem. A. 2003. Extraction and identification of essential oil components of the peel, leaf and flower of Tangerine "*Citrus nobilis loureior var deliciosa swingle*" cultivated at the north of Iran. Master of Science Thesis, Islamic Azad University-Pharmaceutical sciences Branch.

Sánchez L.; Jaramillo C.; Toro M. 1987. *Fruticultura colombiana. Cítricos*. Cali. ICA.. 105 p. (Manual de Asistencia Técnica No.42).

Souza. T.; Silva. J.; Rabelo. T.; Tomaz. M.; Leirson Rodrigues. L.; Barros. L. 2012 *Caracterização física e físico-química de frutos do limão "Tahiti" (Citrus latifolia T.) cultivados em Guaraciaba do Norte-CE*". *Cascavel*. 5(3):14-21.

Stenzel. M.; Neves. J. 2004. Rootstocks for Tahiti' lime. *Sci. Agric*. 61:151-155.

Sudheer. K.; Indira. V. 2007. Photosynthesis in: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Horticulture Science Series.

Sun. J. 2007. *D-Limonene: Safety and Clinical Applications*

Swisher. H.; Swisher. L. 1980. Lemon and lime juices. In: Nelson PE. Tressler DK (Eds) *Fruit and vegetable juice processing technology* (3rd Edn). AVI publishing Co.

Tablas de Composición de Alimentos Colombianos. (TCAC). 2015.

Tablas de Composición de Alimentos Novartis Nutrition, 2005.

Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (TPCA). 2009. Centro nacional de alimentación y nutrición instituto nacional de salud.

Ting. S.; Sia. C.; Lai. C.; Horecker. B. 1971. *Arch. Biochem. Biophys*. 144:485-490.

Toro. M.; Jaramillo. C. 1986. Aumente la producción de naranja con patrones seleccionados. Palmira. ICA. 12 p. (Boletín Divulgativo No.077)

Unidad Técnica de Estudios para la Industria. (UTEPI). 2006. Lima y Limón: Estudio agroindustrial en el Ecuador.

Valderrama. Y.; Caselles. 1986. Influencia de 46 porta - injertos para cítricos en la precocidad o retardo de maduración de la naranja "Frost Valencia" *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa Ingeniería Agronómica. 119 p.

Verzera. A.; Trozzy. A.; Gazea. F.; Ciccirello. G.; Cotroneo. A. 2003. Effects of rootstock on the composition of bergamot (*Citrus bergamia* Risso et Poiteau) essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 51, 206-210.

Vilas. R.; Lima. M.; Bressan. M.; Barcelos. R.; Pereira. 2001. Manejo de Resíduos da Agroindústria. Lavras: UFLA/FAEPE. 110 p.

Wardowski. W.; Hall. D.; Grierson. W. 2006. Fresh citrus fruits (2st Edn). Florida Science Source.

Wutscher. H. 1998. Uso Apropiado de las Combinaciones Injerto/Patrón en Cítricos en el Trópico. Florida: Monograph. U.S. Department of Agriculture. Florida.

Yahia. E.; Higuera. C. 2002. Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Ed. Limusa. México.

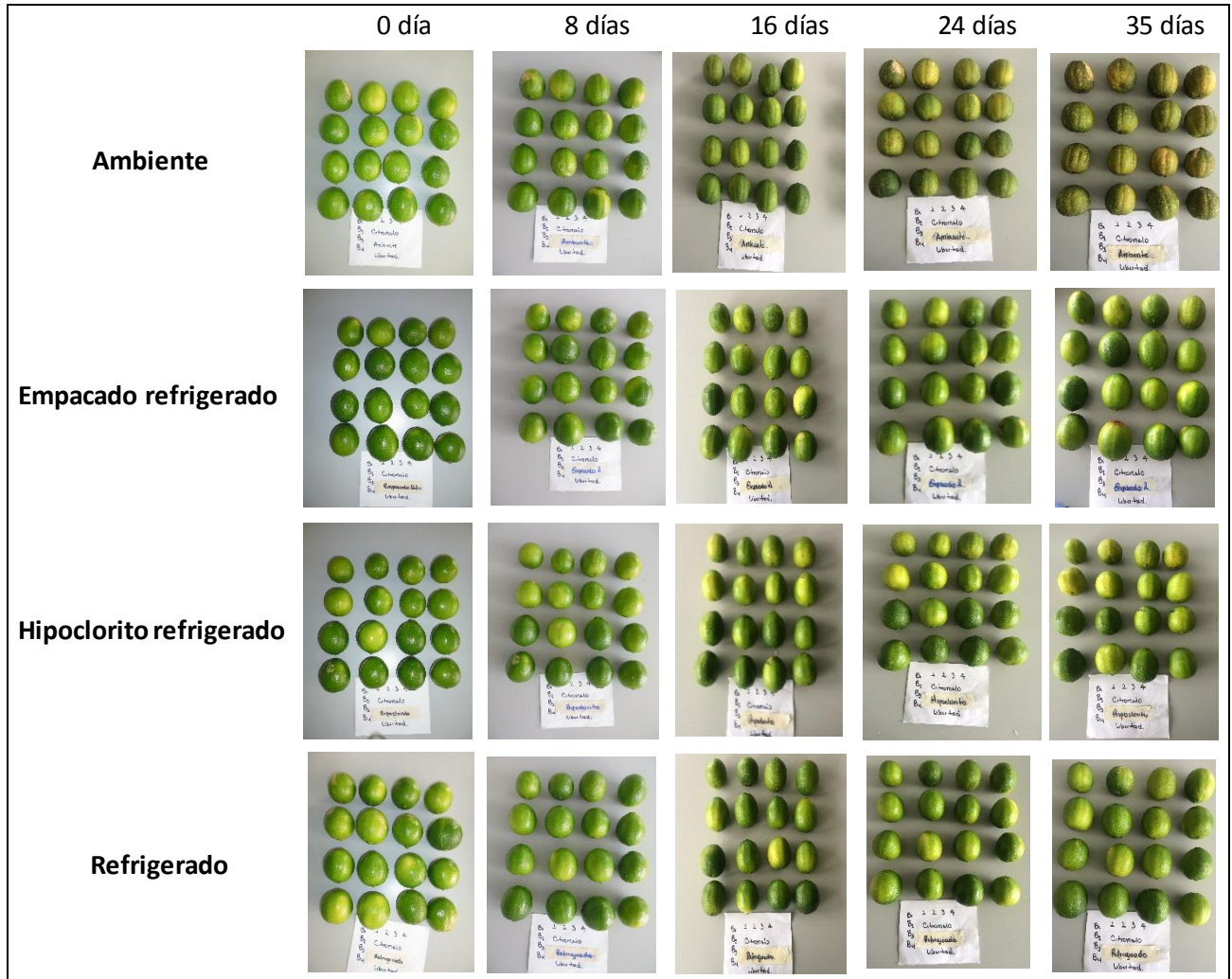
Yahia. E.; Ornelas. J.; Elansari. A. 2011. Postharvest technologies to maintain the quality of tropical and subtropical fruits. In: Yahia, E.M (ed.). pp. 142-193.

Ywassaki. L.; Canniatti. S. 2011. Ascorbic acid and pectin in different sizes and parts of citric fruits. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 31, 319-326.

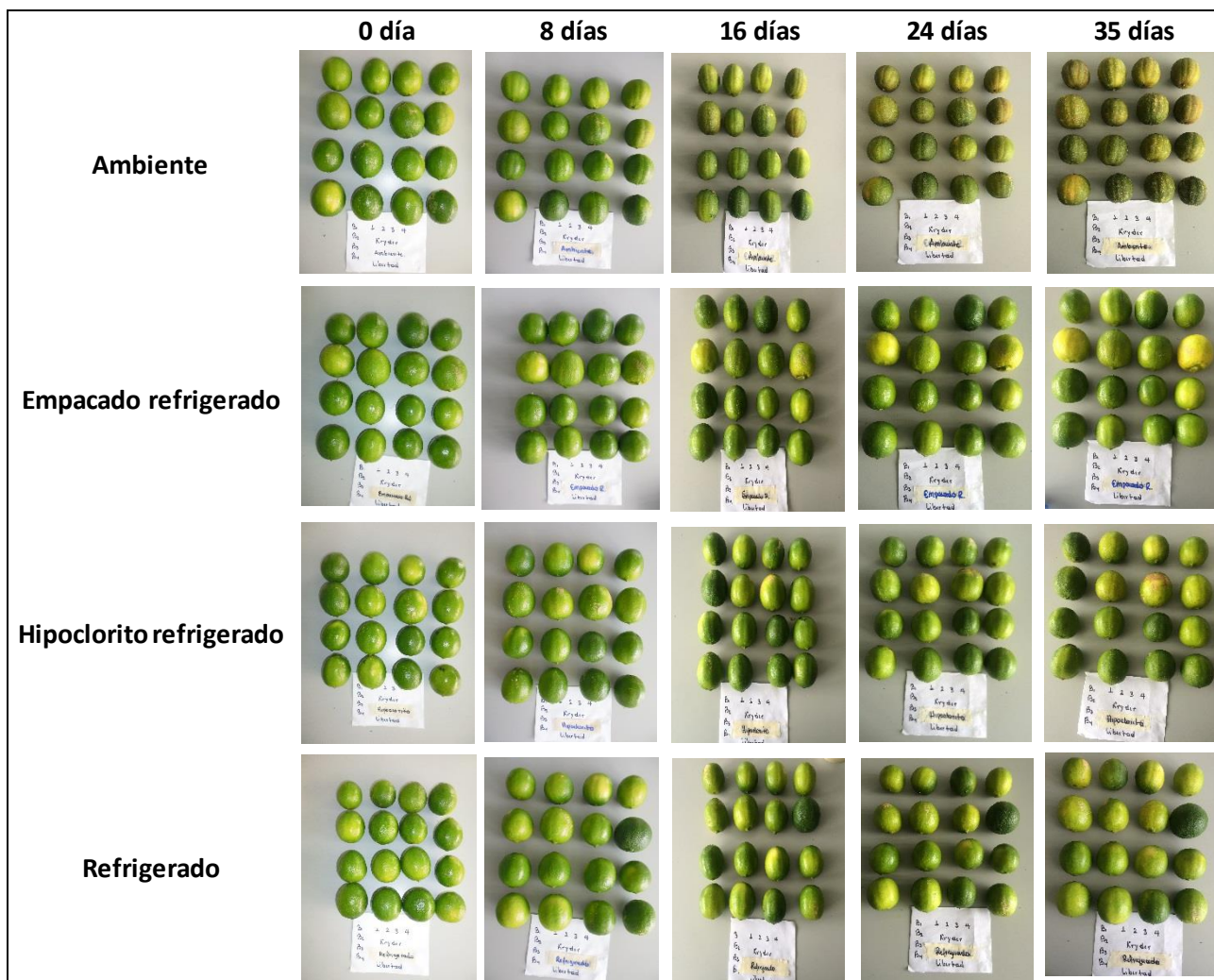
Zhang. X.; Wang. L.; Liu. D.; Tang. G.; Zhang. H. 2014. Synergistic Inhibitory Effect of Berberine and d-Limonene on Human Gastric Carcinoma Cell Line MGC803. *Journal of Medicinal Food J Med Food* 17 (9) 2014, 955–962.

Anexos

Anexo A. Comportamiento de la lima ácida Tahití en las diferentes condiciones de almacenamiento, proveniente de La libertad e injertada en Citrumelo.



Anexo B. Comportamiento de la lima ácida Tahití en las diferentes condiciones de almacenamiento, proveniente de La libertad e injertada en Kryder.



Anexo C. Comportamiento de la lima ácida Tahití en las diferentes condiciones de almacenamiento, proveniente de La libertad e injertada en Volkameriana.

