

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“DETERMINACIÓN DE METABOLITOS PRIMARIOS,
ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DE LA LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) EN DOS ESTADOS
FISIOLÓGICOS”**

Presentado por:
CARMEN SABY JANAMPA HUAYTALLA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Lima – Perú
2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“DETERMINACIÓN DE METABOLITOS PRIMARIOS,
ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DE LA LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) EN DOS ESTADOS
FISIOLÓGICOS”**

Presentado por:

CARMEN SABY JANAMPA HUAYTALLA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Américo Guevara Pérez
PRESIDENTE

Dr. Edwin Baldeón Chamorro
MIEMBRO

Mg. Sc. Patricia Martínez Tapia
MIEMBRO

Dra. Ana Aguilar Galvez
ASESOR(A)

Mg. Sc. Marianela Inga Guevara
CO-ASESOR(A)

Lima – Perú
2017

DEDICATORIA

A mi familia, mi razón de seguir adelante, en especial a mis padres: Elizabeth y Ciro.

AGRADECIMIENTO

- A mi asesora Dra. Ana Aguilar quien me guió en todo el desarrollo de la presente investigación, muchas gracias por sus enseñanzas y comprensión.
- A mi asesora *Mg. Sc.* Marianela Inga y al Dr. David Campos por su apoyo en diferentes etapas del desarrollo del presente trabajo.
- A mis compañeros del Instituto de Biotecnología, en especial a Fiorella.
- Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico, y de Innovación Tecnológica-FONDECYT, por el financiamiento para el desarrollo de la presente investigación como parte del proyecto “Evolución de los metabolitos primarios y secundarios (bioactivos y aromáticos–sensoriales), propiedades antioxidante e hipoglucemiante durante la maduración de lúcuma (*Pouteria lucuma*) en condiciones ambientales y controladas” (Convenio de Subvención N° 124-2015-FONDECYT).

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	LÚCUMA.....	3
2.1.1	ECOLOGIA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	3
2.1.2	BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA.....	4
2.1.3	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL.....	6
2.1.4	PRODUCCIÓN Y USOS.....	8
2.2	MADURACIÓN DEL FRUTO.....	9
2.2.1	MADURACIÓN Y ESTADOS FISIOLÓGICOS	9
2.2.2	CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE LA MADURACIÓN	14
2.2.3	CAMBIOS BIOQUÍMICOS DURANTE LA MADURACIÓN	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	25
3.2	MATERIA PRIMA	25
3.3	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS	25
3.3.1	EQUIPOS	25
3.3.2	MATERIALES.....	26
3.3.3	REACTIVOS.....	27
3.4	MÉTODOS DE ANÁLISIS	28
3.4.1	HUMEDAD Y MATERIA SECA	28
3.4.2	pH	29
3.4.3	ACIDEZ TITULABLE	29
3.4.4	SÓLIDOS SOLUBLES.....	29
3.4.5	COLOR POR EL MÉTODO CIELAB	29
3.4.6	AZÚCARES REDUCTORES.....	30

3.4.7	ALMIDÓN	30
3.4.8	PECTINA TOTAL.....	30
3.4.9	FIBRA DIETARIA SOLUBLE E INSOLUBLE Y FIBRA TOTAL.....	30
3.4.10	MINERALES	31
3.4.11	AZÚCARES Y AZÚCARES ALCOHOL.....	31
3.4.12	ÁCIDOS ORGÁNICOS.....	31
3.4.13	ÁCIDO L-ASCÓRBICO Y DEHIDROASCÓRBICO.....	32
3.4.14	ACIDOS GRASOS	32
3.4.15	ACTIVIDAD POLIFENOLOXIDASA.....	32
3.4.16	ACTIVIDAD PECTINESTERASA	33
3.4.17	ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA	33
3.4.18	ACTIVIDAD AMILASA TOTAL (α -AMILASA Y β -AMILASA).....	34
3.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
3.5.1	ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS	35
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	38
3.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS	41
4.1.1	CONTENIDO DE MATERIA SECA DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS	41
4.1.2	pH DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS	42
4.1.3	ACIDEZ TITULABLE DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS...44	
4.1.4	CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS	45
4.1.5	COLOR DE CÁSCARA Y PULPA DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS	47

4.1.6	CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	53
4.1.7	CONTENIDO DE ALMIDÓN DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	54
4.1.8	CONTENIDO DE PECTINA TOTAL DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	56
4.1.9	CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA TOTAL, SOLUBLE E INSOLUBLE DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	57
4.1.10	CONTENIDO DE MINERALES (K, Ca y Mg) DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	59
4.2	METABOLITOS PRIMARIOS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	61
4.2.1	CONTENIDO DE AZÚCARES Y AZÚCARES ALCOHOL DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	61
4.2.2	CONTENIDO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	67
4.2.3	ÁCIDOS GRASOS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS	75
4.3	ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS.....	81
V.	CONCLUSIONES	84
VI.	RECOMENDACIONES	86
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
VIII.	ANEXOS	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición química de la lúcuma (contenido en 100 g de pulpa).....	7
Cuadro 2: Producción Nacional de lúcuma en el año 2015	9
Cuadro 3: Cantidad y peso total de los frutos de lúcuma en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	35
Cuadro 4: Resultados promedio** de los parámetros de color $L^*a^*b^*h^\circ$ y C^* de la cáscara de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	48
Cuadro 5: Resultados promedio** de los parámetros de color $L^*a^*b^*h^\circ$ y C^* de la pulpa de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	51
Cuadro 6: Contenido de minerales (K, Ca y Mg) de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	60
Cuadro 7: Contenido de ácido succínico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción nacional (TM) de lúcuma entre los años 2005 – 2015.....	8
Figura 2: Desarrollo del fruto	10
Figura 3: Tasa de respiración en frutos climatéricos y no climatéricos	11
Figura 4: Efecto de la maduración sobre los componentes de las frutas.....	20
Figura 5: Fotografías de los frutos de lúcuma en estado previo a la madurez fisiológica (izquierda) y estado de madurez fisiológica (derecha)	35
Figura 6: Flujo de operaciones para la obtención de lúcuma liofilizada en polvo	37
Figura 7: Diseño experimental para la caracterización físico-química, determinación de metabolitos primarios y determinación de actividades enzimáticas en dos estados fisiológicos de la lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>).....	39
Figura 8: Contenido de materia seca de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	42
Figura 9: pH de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	43
Figura 10: Acidez titulable de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	44
Figura 11: Contenido de sólidos solubles de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	46
Figura 12: Contenido de azúcares reductores de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	54
Figura 13: Contenido de almidón de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	55
Figura 14: Contenido de pectina total (ácido galacturónico) de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	57

Figura 15: Contenido de fibra dietaria total (FT), fibra dietaria insoluble (FI) y fibra dietaria soluble (FS) de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	58
Figura 16: Perfil cromatográfico representativo de los azúcares y azúcares alcohol de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	62
Figura 17: Contenido de fructosa de los frutos de lúcuma en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4).....	62
Figura 18: Contenido de glucosa de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	63
Figura 19: Contenido de sacarosa de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	64
Figura 20: Contenido de <i>myo</i> -inositol de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	66
Figura 21: Perfil cromatográfico representativo de los ácidos orgánicos de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	67
Figura 22: Contenido de ácido cítrico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	68
Figura 23: Contenido de ácido quínico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	69
Figura 24: Contenido de ácido málico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	70

Figura 25: Contenido de ácido L-ascórbico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	73
Figura 26: Contenido de ácido L-dehidroascórbico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	74
Figura 27: Contenido de vitamina C total de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	74
Figura 28: Perfil cromatográfico representativo de los ácidos grasos de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	76
Figura 29: Contenido de ácido palmítico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	77
Figura 30: Contenido de ácido esteárico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	78
Figura 31: Contenido de ácido oleico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	79
Figura 32: Contenido de ácido linoleico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	79
Figura 33: Contenido de ácido linolénico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	80
Figura 34: Actividad Poligalacturonasa de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)	82

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CURVA DE CALIBRACIÓN Y METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EXPRESADOS EN FRUCTOSA.....	102
ANEXO 2: CURVA DE CALIBRACIÓN DE GLUCOSA PARA LA DETERMINACIÓN DE ALMIDÓN PREVIA HIDROLISIS	103
ANEXO 3: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE PECTINA TOTAL EXPRESADOS EN ÁCIDO GALACTURÓNICO.....	103
ANEXO 4: CONTENIDO DE MATERIA SECA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	104
ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MATERIA SECA (MS) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	104
ANEXO 6: VALORES DE PH DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	105
ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PH DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	106
ANEXO 8: ACIDEZ TITULABLE DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	107
ANEXO 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ACIDEZ DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	108

ANEXO 10: CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES (SS) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	109
ANEXO 11: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – SÓLIDOS SOLUBLES DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	109
ANEXO 12: PARÁMETROS DE COLOR (L, a*, b*, C* Y h°) DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	110
ANEXO 13: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO L* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	113
ANEXO 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO a* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	114
ANEXO 15: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO b* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (PMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	115
ANEXO 16: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO h° DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	116
ANEXO 17: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO C* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	117
ANEXO 18: PARÁMETROS DE COLOR (L, a*, b*, C* Y h°) DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ	

FISIOLÓGICA (PMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	118
ANEXO 19: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO L* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	121
ANEXO 20: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO a* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	122
ANEXO 21: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO b* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	123
ANEXO 22: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO H° DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	124
ANEXO 23: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO C* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	125
ANEXO 24: CONTENIDO DE MATERIA SECA DEL LIOFILIZADO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	126
ANEXO 25: CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	126
ANEXO 26: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – AZÚCARES REDUCTORES DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	127

ANEXO 27: CONTENIDO DE ALMIDÓN DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	128
ANEXO 28: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ALMIDÓN DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	129
ANEXO 29: CONTENIDO DE PECTINA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	130
ANEXO 30: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PECTINA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	130
ANEXO 31: CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA INSOLUBLE, FIBRA DIETARIA SOLUBLE Y FIBRA DIETARIA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	132
ANEXO 32: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FIBRA INSOLUBLE DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	132
ANEXO 33: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FIBRA SOLUBLE DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	133
ANEXO 34: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FIBRA DIETARIA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	134

ANEXO 35: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – K DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	135
ANEXO 36: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – CA DE FRUTOS DE LÚCUMA EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	136
ANEXO 37: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MG DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	136
ANEXO 38: CONTENIDO DE FRUCTOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	137
ANEXO 39: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FRUCTOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	138
ANEXO 40: CONTENIDO DE GLUCOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	139
ANEXO 41: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – GLUCOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	139
ANEXO 42: CONTENIDO DE SACAROSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	140
ANEXO 43: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – SACAROSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y	

COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	141
ANEXO 44: CONTENIDO DE <i>MYO</i> -INOSITOL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	142
ANEXO 45: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – <i>MYO</i> -INOSITOL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	143
ANEXO 46: CONTENIDO DE ÁCIDO CÍTRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	144
ANEXO 47: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO CÍTRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	144
ANEXO 48: CONTENIDO DE ÁCIDO QUÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	145
ANEXO 49: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO QUÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	146
ANEXO 50: CONTENIDO DE ÁCIDO MÁLICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	147
ANEXO 51: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO MÁLICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	148

ANEXO 52: CONTENIDO DE ÁCIDO SUCCÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	149
ANEXO 53: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO SUCCÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	149
ANEXO 54: CONTENIDO DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO (AA) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	150
ANEXO 55: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO L-ASCÓRBICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	151
ANEXO 56: CONTENIDO DE ÁCIDO DEHIDROASCÓRBICO (DHAA) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	152
ANEXO 57: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO DEHIDROASCÓRBICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	152
ANEXO 58: CONTENIDO DE VITAMINA C TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	153
ANEXO 59: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – VITAMINA C TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	154
ANEXO 60: CONTENIDO DEL ÁCIDO PALMÍTICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y	

COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	155
ANEXO 61: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO PALMÍTICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	156
ANEXO 62: CONTENIDO DEL ÁCIDO ESTEÁRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	157
ANEXO 63: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO ESTEÁRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	157
ANEXO 64: CONTENIDO DEL ÁCIDO OLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	158
ANEXO 65: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO OLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	159
ANEXO 66: CONTENIDO DEL ÁCIDO LINOLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	160
ANEXO 67: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO LINOLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	161
ANEXO 68: CONTENIDO DEL ÁCIDO LINOLÉNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)	162

ANEXO 69: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO LINOLÉNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	162
ANEXO 70: ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	164
ANEXO 71: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4).....	164

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar las características físico-químicas, actividades enzimáticas y los metabolitos primarios en dos estados fisiológicos de la lúcuma. Para ello se recolectaron frutos de lúcuma en los estados fisiológicos, previo a la madurez fisiológica (pMF) y en madurez fisiológica (MF), ambos provenientes de los mismos árboles (4). Los resultados, respecto a las características físico-químicas, muestran que la materia seca, sólidos solubles, la tonalidad amarilla de la cáscara y pulpa, la fibra soluble y el contenido de almidón son menores en el estado pMF respecto al estado de MF; mientras que ocurre lo contrario en la acidez titulable, fibra insoluble y la pectina. En cuanto a los metabolitos primarios los azúcares, glucosa y *myo*-inositol, ácidos orgánicos, quínico y succínico, los ácidos grasos, palmítico, esteárico, oleico y linoleico son mayores en el estado pMF respecto al estado de MF. El ácido L-ascórbico por su parte es menor en el estado pMF respecto al estado de MF. La actividad enzimática poligalacturonasa, no varía entre ambos estados evaluados; actividades como pectinesterasa y amilasas, no fueron detectadas. Finalmente, características como el perfil de ácidos grasos, el contenido de fibra soluble, almidón, contenido de vitamina C y azúcar alcohol, *myo*-inositol, en el estado de MF, contribuyen a características propias de este fruto.

Palabras clave: lúcuma, estado fisiológico, características físico-químicas, metabolitos primarios

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the physicochemical characteristics, enzymatic activities and primary metabolites in two physiological stages of lucuma. Fruits were harvested in the physiological stages known as immature (IM) and physiological maturity (PM) from the same tree, four different trees were chosen for sampling. The results related to physicochemical characteristics show that the content of dry matter, soluble solids, soluble fiber, starch and the yellow tone of skin and pulp are lower in IM than in PM stage. Whereas the opposite occurs with the titratable acidity, soluble fiber and pectin contents which are higher in IM stage. Regarding primary metabolites, glucose, *myo*-inositol, quinic, succinic, palmitic, stearic, oleic and linoleic acids are present in higher amounts in IM stage while L-ascorbic acid content is higher in PM stage. Polygalacturonase activity was the only enzymatic activity detected and it does not vary among the physiological stages studied. Lastly, characteristics like fatty acids profile, soluble fiber, starch, L-ascorbic acid and *myo*-inositol contents in PM stage are the main contributors to the final features of this fruit.

Keywords: lucuma, physiological stage, physicochemical characteristics, primary metabolites

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se ha creado el interés en ciertos alimentos con componentes biológicamente activos, que ofrecen reducir el riesgo a contraer enfermedades. Por medio de diversas investigaciones se ha descubierto que muchos productos alimenticios tradicionales, como las frutas, las verduras, las leguminosas, los cereales y otros contienen componentes que pueden resultar beneficiosos para la salud. Entre las frutas se podría considerar a la lúcuma (*Pouteria lucuma*), una especie frutal perenne, perteneciente a la familia *Sapotaceae* y originaria de los andes de América del Sur; en países como Perú, Chile, Colombia y Ecuador.

Debido a su sabor exótico y a su valor nutritivo, la lúcuma es utilizada desde épocas ancestrales como parte de la dieta alimenticia de las poblaciones que se asentaron en las localidades de la costa y sierra del Perú, cultivándose entre los 100 – 3000 msnm. Esta fruta es muy apreciada por sus características sensoriales como el color, el sabor y el aroma, que la hacen muy aplicativa en la repostería, y principalmente es utilizada en la elaboración de helados. En los últimos años se ha incrementado la producción de frutos de lúcuma como consecuencia de su amplia utilización en la industria nacional e internacional (Lizana, citado por Yahia *et al.* 2011).

La lúcuma es una fruta climatérica, es decir, se cosecha cuando la fruta ha alcanzado su madurez fisiológica. A continuación, la fruta acelera su proceso de maduración a temperatura ambiente, en este se desarrollan múltiples reacciones bioquímicas. Existen diversos estudios de las características físico-químicas y contenido de compuestos primarios y bioactivos de muchas frutas en diferentes estados de madurez, donde se comprueban las variaciones de dichas propiedades; por ejemplo en el mamey durante la maduración, el porcentaje de sólidos solubles aumenta, mientras la acidez titulable es invariable y su color se torna de amarillo a rojo (Diaz-Perez *et al.* 2000), en la manzana la glucosa, fructosa y sacarosa, aumenta a diferentes velocidades hasta la cosecha, y luego los niveles permanecen constantes después de una caída inicial; el ácido málico y cítrico disminuyen durante el cre-

cimiento y almacenamiento (Ackerman *et al.* 1992). Además la concentración de vitamina C que es extremadamente alta en manzana en la fase juvenil, disminuye drásticamente en las etapas de expansión y maduración (Fang *et al.* 2017). Sin embargo, existe muy poca información respecto a las características físico-químicas, actividades enzimáticas y contenido de metabolitos primarios durante la maduración fisiológica de la lúcuma, de un estado inmaduro a un estado de madurez fisiológica. Por lo tanto, es necesario la investigación en casi todos los aspectos de la fisiología durante la maduración de la lúcuma, por ello el estudio tuvo como objetivos identificar y cuantificar los metabolitos primarios: azúcares, azúcares alcohol, ácido L-ascórbico, ácidos orgánicos y ácidos grasos de la lúcuma en dos estados fisiológicos; determinar las actividades enzimáticas: polifenoloxidasas, poligalacturonasa, pectinesterasa, amilasa total de la lúcuma en dos estados fisiológicos y determinar algunas características físico-químicas relacionadas con la degradación de la pared celular y las relacionadas con la firmeza, en dos estados fisiológicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LÚCUMA

2.1.1 ECOLOGIA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La lúcuma (*Pouteria lucuma*) es originaria de los valles interandinos de Ecuador, Perú y el norte de Chile, no está muy difundida fuera de su área de origen solo ha sido introducida a América Central, Antillas, Filipinas y Java (Geilfus 1994, León 2000). También puede ser encontrada en zonas de Bolivia, Colombia y Costa Rica (Janick y Paull 2008). Es una de las plantas nativas que fueron domesticadas durante más de quince mil años, para formar parte de la dieta de la población, crece a altitudes comprendidas entre 1500 y 3000 msnm; junto con frutales como la chirimoya (*Annona cherimola*), naranjilla (*Solanum quitoense*), varias especies de granadillas (*Passiflora spp.*), tomate (*Cyphomandra betacea*) y las papayas de altura (*Vasconcella spp.*); que luego fueron desplazadas por frutas europeas (León 2000).

El árbol de la lúcuma es subtropical y se desarrolla en los valles interandinos, donde la precipitación anual fluctúa entre 1000 a 1800 mm de agua y la temperatura media oscila entre 20 °C a 22 °C. La lúcuma está mejor adaptada a altitudes elevadas (2700 - 3000 msnm) y en zonas donde no se llega a temperaturas bajo cero. En Chile, la lúcuma se cultiva en zonas libres de heladas: valles el Aconcagua y el río Elqui, en Bolivia en zonas secas de hasta 200 msnm (Lizana, citado por Janick y Paull 2008). En el Perú se encuentra desde los 100 hasta 3000 msnm; existiendo una mejor producción en los valles de los andes, caracterizadas por tener las noches frescas. En las zonas cálidas húmedas se producen frutos de calidad inferior. En general, prefiere suelos francos, profundos, ricos en materia orgánica y bien drenados; tolera los suelos rocosos así como la proximidad del mar (Geilfus 1994).

Por otro lado, Popenoe *et al.* (1989) describen los requerimientos ambientales de la planta de lúcuma de la siguiente manera: crece bien en áreas sometidas a la sequedad ocasional y tolera las lluvias estacionales, pero no el anegamiento o extendido clima húmedo. Aunque

es más habitual en valles interandinos entre los 1500 y 3000 m de altitud, la lúcuma crece y produce frutos de alta calidad en las tierras bajas del Perú y al nivel del mar en Chile. Respecto a la temperatura, se sabe que prospera en el frío del altiplano, requiere un clima libre de heladas y muere con -5 °C de temperatura. En cuanto al tipo de suelo, la lúcuma está adaptada a sitios rocosos y arenosos, y bien drenados. Además, tolera niveles moderados de salinidad, suelos calcáreos y deficiencias de oligoelementos (especialmente hierro) que suelen limitar otros árboles frutales. No obstante, rinde mejor en suelos aluviales profundos, altos en materia orgánica.

En nuestro país, se distinguen dos variedades de lúcuma: lúcuma de Seda y lúcuma de Palo. Se denomina lúcuma de Seda a los frutos de lúcuma que al madurar presentan textura suave; en caso contrario, los frutos son llamados lúcuma de Palo. Ambos tipos de frutos pueden aparecer en un mismo árbol en caso de ocurrir variaciones bruscas en el clima, especialmente con la temperatura (Indecopi 2015). Así el mismo autor señala que la lúcuma de Seda posee una pulpa harinosa, color amarillo intenso, suave al paladar y dulce, mientras que la lúcuma de Palo tiene pulpa dura, no apropiada para el consumo en fresco. Al respecto, León (2000) señala que la lúcuma presenta una variabilidad muy amplia en las descendencias por semilla; cultivares superiores de propagación clonal han sido seleccionadas en Chile y Perú. Además la diversidad genética es tan amplia que en el género *Pouteria*, es muy difícil establecer diferencias constantes entre las ‘especies’ de ciertos grupos.

2.1.2 BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA

La lúcuma es una fruta exótica perteneciente a la familia de las *Sapotaceae*. Según León (2000), la nomenclatura de esta familia cambia de acuerdo a los estudios de los especialistas y no es difícil que una especie tenga hasta 10 sinónimos, lo que en gran parte se debe a que en los estudios taxonómicos hechos en herbario no toman en cuenta los factores de variación, por lo que géneros y especies se definen sobre caracteres muy inestables. Grandtner y Chevrette (2013) refieren el nombre botánico de la lúcuma como *Pouteria lucuma* (Ruiz & Pav.) Kuntze con sinónimos como *Achras lucuma* Ruiz & Pav., *Lucuma bífera* Molina, *Lucuma obovata* Kunth, *Lucuma obovata* var. *Ruizii* A.DC., *Lucuma turbinata* Molina, *Pouteria insignis* Baehni, *Richardella lucuma* (Ruiz & Pav.) Aubrév. Además tiene diversos nombres comunes según la región: logma, lonhma, louma, lucma, lucmo (Ecuador); lúcuma,

lúcumo (Chile, Ecuador, Perú); lugama, lugma (Ecuador); maco (Colombia); mamón (Costa Rica); mediacaro, rucma, sapote mamei (Colombia).

Así también, Calzada, citado por Inga (2004) refiere la siguiente clasificación botánica:

Orden : Ebenales
Familia : Sapotaceas
Género : *Lucuma obovata* H.B.K; *Achro lúcuma*; *Pouteria nitriwa*; *lúcuma lafera*

Geilfus (1994) describe al árbol de la lúcuma de 6 - 15 m de alto (excepcionalmente hasta 20 m), de copa ancha, follaje brillante, aspecto ornamental. Janick y Paull (2008) por su parte refieren que siempre es verde y mide de 8 - 20 m de altura, con un denso dosel redondeado, de 6-10 m de diámetro. Adicionalmente, León (2000) sostiene que el árbol alcanza hasta 20 m de alto, con copa esférica y que en cultivo se le mantiene bajo podas de formación.

Las hojas son verde brillante, con peciolo pubescentes, miden de seis a 20 cm de largo; la forma es muy variable, de elípticas a obovadas, con la base angosta y el ápice agudo o redondeado (León 2000). Por otro lado, Morton, citado por Janick y Paull (2008) indican que las hojas son simples, verticiladas en los extremos de las ramas pequeñas; cada hoja es de 12.5 - 25 cm de largo, de hasta 10 cm de ancho, despuntada en el ápice y estrecha en la base, de color verde oscuro en la parte superior y de color verde pálido a veces con pelos marrones en la superficie inferior. En cuanto a las flores, los mismos autores indican que son pequeñas, axilares, solitarias o agrupadas entre las hojas, de color verde amarillento, hermafroditas, tubulares con los sépalos peludos y con 5 -7 lóbulos; nacen entre las hojas terminales de las ramillas, solitarias o en grupos de dos a tres (León 2000). Respecto a los sépalos señala que se presentan en dos series, uno externo de tres y otro interno de dos, están cubiertos en el lado dorsal de pubescencia ferrugínea. La corola verdosa está formada de un tubo basal y cinco segmentos de pétalos redondeados. Los cinco estambres salen de la base de los pétalos y los cinco estaminodios lineales y pubescentes, ligeramente más largos que los estambres, están insertos entre uno y otro pétalo. El ovario de cinco celdas termina en un estilo cilíndrico.

Respecto al fruto, este es de forma esférica a ovalada, cónica fusiforme, puntiagudo o decaído en el ápice; de siete a 10 cm de diámetro y 7.5 - 10 cm de largo. El epicarpio o

cáscara, es delgada y puede ser de color verde, anaranjado brillante, amarillo o marrón rojizo, liso o escamoso. El mesocarpio o pulpa, dura e impregnada de látex cuando está inmadura; y cuando madura se caracteriza por ser suave, muy dulce, de color amarillo brillante, firme, seca, harinosa y aromática. El endocarpio u hollejo que envuelve a la semilla es delgado, amarillo claro, representando de dos a tres por ciento de la fruta. Las semillas, contenidas en lóculos separados, son de uno a cinco unidades de forma ovaladas con aspecto brillante y color marrón, con el hilo ancho y blancuzco, similar a un castaño (León 2000, Towle 2007, Janick y Paull 2008).

2.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

La lúcuma tiene un rango de porcentaje de pulpa de 69 a 82 por ciento y tiene un contenido de humedad 64 a 72 por ciento. Los principales azúcares en la pulpa en orden descendente incluyen glucosa, fructosa, sacarosa e inositol y los ácidos principales son succínico y cítrico (Lizana *et al.*, citados por Janick y Paull 2008). Por otro lado, Del Castillo (2006) afirma que la lúcuma es una de las frutas que contiene los más altos niveles de proteínas, fluctuando en un rango de 1.5-2.4 g por cada 100 g de muestra, sólo siendo superado por la palta (4.2 g), plátano verde (4 g), coco (3.2 g) y maracuyá (2.8 g). Además, la lúcuma presenta un nivel de carbohidratos significativamente alto (25 g). Mujica *et al.* (1998) indican que a diferencia de la naranja y manzana, la lúcuma es un fruto seco, rico en almidón por lo que podría ser consumido a diario como fuente de carbohidrato. En el Cuadro 1 se muestra la composición química de pulpa de lúcuma.

En cuanto a las vitaminas, presenta niveles significativos de niacina (B₅) con 1.96 mg /100 g de muestra. Se dice incluso que la lúcuma es una fruta medicinal contra la depresión, por su alto contenido de tiamina (B₁) y la niacina (Villanueva, citado por Del Castillo 2006). En comparación con las frutas de mayor consumo, supera ampliamente en contenido de vitamina B₁ y B₅, a la manzana, naranja, palta y plátano; en vitamina A es solo superada por el plátano; y, en vitamina C, es superada por la naranja. En cambio, no contiene vitamina Riboflavina (B₂). Respecto al contenido de minerales, la lúcuma supera a la manzana y plátano en contenido de calcio (UNALM, citado por Inga 2004).

García (2016) halló en lúcuma Beltrán y Seda (en porcentaje) 0.07 y 0.05 en calcio, 0.05 y 0.05 en fósforo, y 44 y 51 ppm en hierro, respectivamente. Con respecto a los pigmentos,

esta fruta se caracteriza por presentar en la pulpa un significativo contenido de beta-caroteno (350 µg/ 100 g). Por otro lado, se reporta que la lúcuma es una buena fuente de fibra, minerales, β-caroteno, niacina y compuestos fenólicos (Yahia y Gutiérrez 2011).

Cuadro 1: Composición química de la lúcuma (contenido en 100 g de pulpa)

Componente	Pulpa fresca ^a	Pulpa fresca ^b	Harina ^a
Energía (Kcal)	99.00	99-122	329.00
Energía (KJ)	414	N.D	1377
Agua (g)	72.30	64.80 – 72.30	9.30
Proteínas (g)	1.50	1.40 – 1.50	4.00
Grasa total (g)	0.50	0.50	2.40
Carbohidratos totales (g)	25	N.D	82
Carbohidratos disponibles (g)	25	N.D	82
Fibra cruda (g)	1.30	1.00 – 1.30	2.10
Cenizas (g)	0.70	0.70-0.90	2.30
Calcio (mg)	16.00	16.00	92.00
Fósforo (mg)	26.00	26.00	186.00
Hierro (mg)	0.40	0.40	4.60
Potasio (mg)	N.D	470.0	N.D
Sodio (mg)	N.D	6.00	N.D
Retinol (µg)	355.00	N.D	0.00
Tiamina (mg)	0.01	0.01	0.20
Riboflavina (mg)	0.14	0.14	0.03
Niacina (mg)	1.96	1.90 – 2.20	----
Ácido ascórbico (mg)	2.20	5.40 – 25.00	11.60

FUENTE: Adaptado de ^aReyes *et al.* (2009); ^bLizana, citado por Duarte y Paull (2015). N.D: no determinado.

2.1.4 PRODUCCIÓN Y USOS

El árbol de lúcuma empieza a producir al cuarto o quinto año de ser cultivado; produce entre 300 y 500 frutas al año, la cosecha se desarrolla en ocho meses, los frutos pesan de 100 – 200 g cada uno (Geilfus 1994). Por otro lado, Popenoe *et al.* (1989) indican que una lúcuma puede llegar a pesar hasta 1 kg y que un árbol puede producir hasta 500 frutos durante un año. El mismo autor refiere que se pueden dar cosechas de campo fuera de temporada o por estrés en sequía; es decir, la lúcuma, produce durante todo el año y tiene raíces profundas, convirtiéndose literalmente en el árbol de la vida.

La producción nacional de lúcuma en el Perú en los últimos años es de tendencia creciente, como se muestra en la Figura 1. El Perú, es el principal productor de lúcuma en el mercado internacional; siendo las regiones con mayor producción: Lima (principal productor), Piura, La Libertad, Ica y Ayacucho (Lavado *et al.* 2012). En el Cuadro 2, se muestra la producción y participación nacional del año 2015 en cada departamento del Perú.

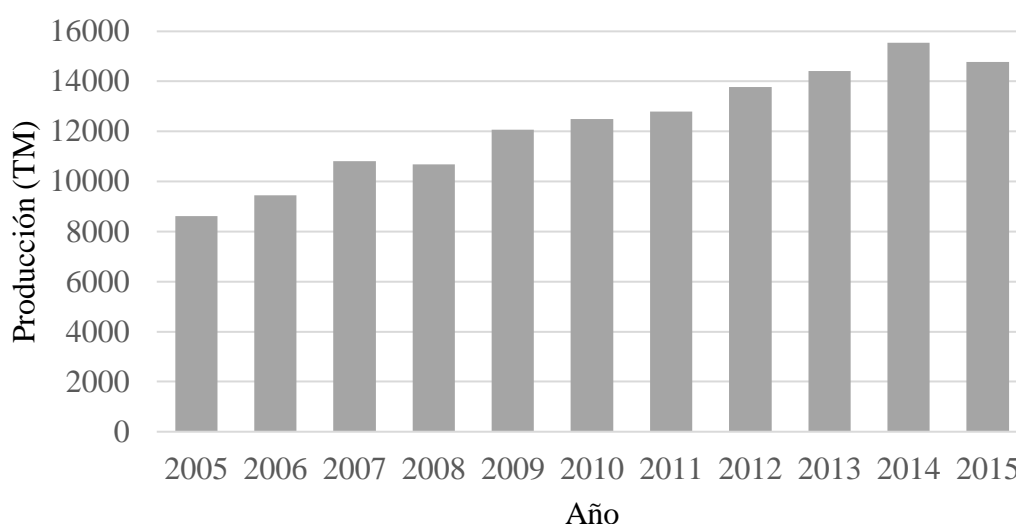


Figura 1: Producción nacional (TM) de lúcuma entre los años 2005 – 2015

FUENTE: Adaptado de MINAGRI (2016)

Los valles de Cañete, Huaral, Huacho y Chincha son los que actualmente están produciendo la lúcuma de mejor calidad en el Perú, utilizando tecnología adecuada para producir frutos de alta calidad, con fines de exportación (SIICEX 2016). Además el mismo autor, informa que los principales países que conforman el mercado destino de la lúcuma y su participación

en el año 2013 son Países Bajos (36 por ciento), Federación Rusa (27 por ciento), Estados Unidos (10 por ciento), Reino Unido (nueve por ciento), Canadá (seis por ciento), Emiratos Árabes Unidos (tres por ciento), Singapur (dos por ciento), Francia (uno por ciento), España (uno por ciento) y otros países (cinco por ciento).

La lúcuma es un alimento de cultivo antiguo, que ha encontrado recientemente un lugar en el procesamiento de alimentos. La pulpa puede consumirse fresca o procesada, en una forma seca o en polvo, y puede usarse como insumo en la elaboración de helados, alimentos para bebés, yogures, galletas, batidos, barras de chocolate y postres (Morton, citado por Dini 2011).

Cuadro 2: Producción Nacional de lúcuma en el año 2015

Departamento	Producción (TM)	Participación Nacional (%)
Lima	10,369	70
La Libertad	806	6
Ayacucho	405	3
Ica	1,732	12
Piura	165	1.1
Lambayeque	33	0.22
Huánuco	110	0.74
Apurímac	47	0.32
Junín	95	0.64
Total Nacional	14,775	

FUENTE: Adaptado de MINAGRI (2016)

2.2 MADURACIÓN DEL FRUTO

2.2.1 MADURACIÓN Y ESTADOS FISIOLÓGICOS

Los frutos son seres vivos que respiran, consumiendo oxígeno y eliminando anhídrido carbónico. Se trata de productos perecederos en los que a lo largo de su vida transcurren los siguientes cambios: en primer lugar se produce la división celular (durante la floración), un aumento de volumen de las células (crecimiento), la maduración (fisiológica y

organoléptica), y por último la senescencia y muerte del fruto (Wills *et al.*, citados por Hernández y Sastre 1999). Según Moreno *et al.* (2014), una vez que un fruto se ha formado (polinización, fecundación y cuajado), su desarrollo se refleja en un crecimiento volumétrico acompañado de un cambio de las características físicas (color, firmeza), así como de su composición química (azúcares, ácidos, etc.). En la Figura 2 se muestra el desarrollo mencionado, el mismo autor considera que en la maduración comienza con el envero y finaliza en el estado de madurez organoléptica.

Todos los frutos durante su crecimiento muestran las características propias de la vida vegetal (respiración, transpiración, síntesis y degradación de metabolitos y posiblemente también la fotosíntesis). Durante la respiración, la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos (FAO 1987). La velocidad respiratoria de las frutas es un índice de los cambios de composición que se dan durante la maduración: a mayor velocidad respiratoria, mayor velocidad de cambio de composición. El periodo respiratorio en el cual la velocidad se duplica y hasta cuadruplica se denomina climaterio o pico climatérico (Hawthorn, citado por Aranceta y Pérez 2006). En los frutos climatéricos la intensidad respiratoria disminuye hasta llegar a un valor mínimo, para subir rápidamente hasta un máximo y después volver a disminuir paulatinamente hasta anularse (Vargas *et al.* 1987), esto puede observarse en la Figura 3.

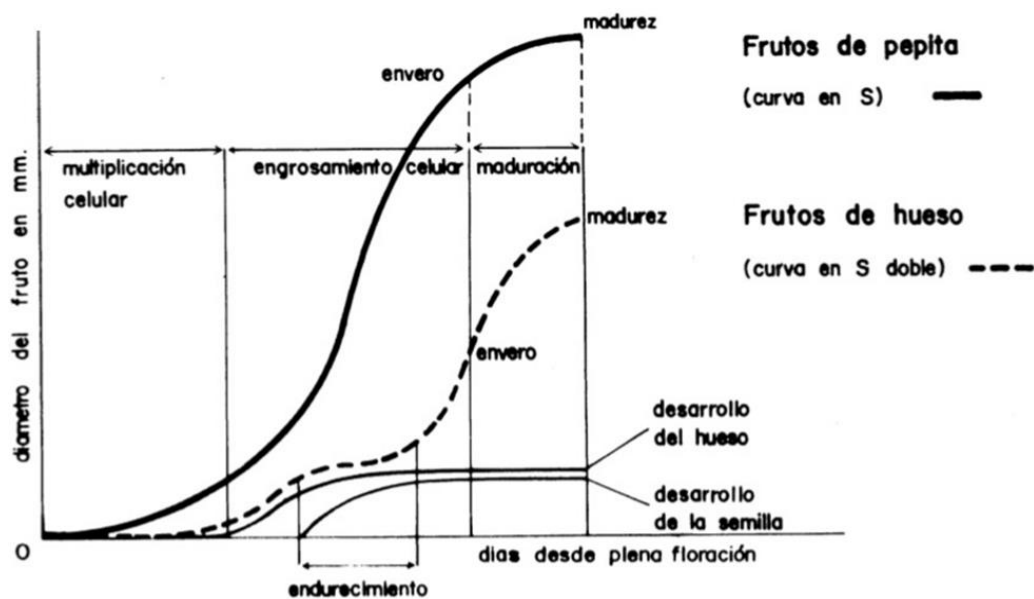


Figura 2: Desarrollo del fruto

FUENTE: Tomado de Baraona y Sancho (2000)

El inicio de la maduración climatérica es un proceso bien definido, caracterizado por un rápido aumento en la velocidad de la respiración y el desprendimiento de etileno por la fruta, en un momento de su desarrollo, conocido como respiración climatérica (FAO 1987). En la mayoría de los frutos (albaricoque, ciruela, manzana, melón, plátano, pera), durante la maduración organoléptica se produce este incremento súbito en la actividad respiratoria y por consiguiente en la actividad metabólica por lo que conviene recolectarlos antes de la maduración. Por el contrario, en las frutas en las que no se produce este proceso y la actividad respiratoria va disminuyendo paulatinamente a lo largo de la maduración (cereza, fresa, limón, naranja, piña), la recolección se suele realizar una vez han madurado en la planta (Hernández y Sastre 1999, Barreiro y Sandoval 2006).

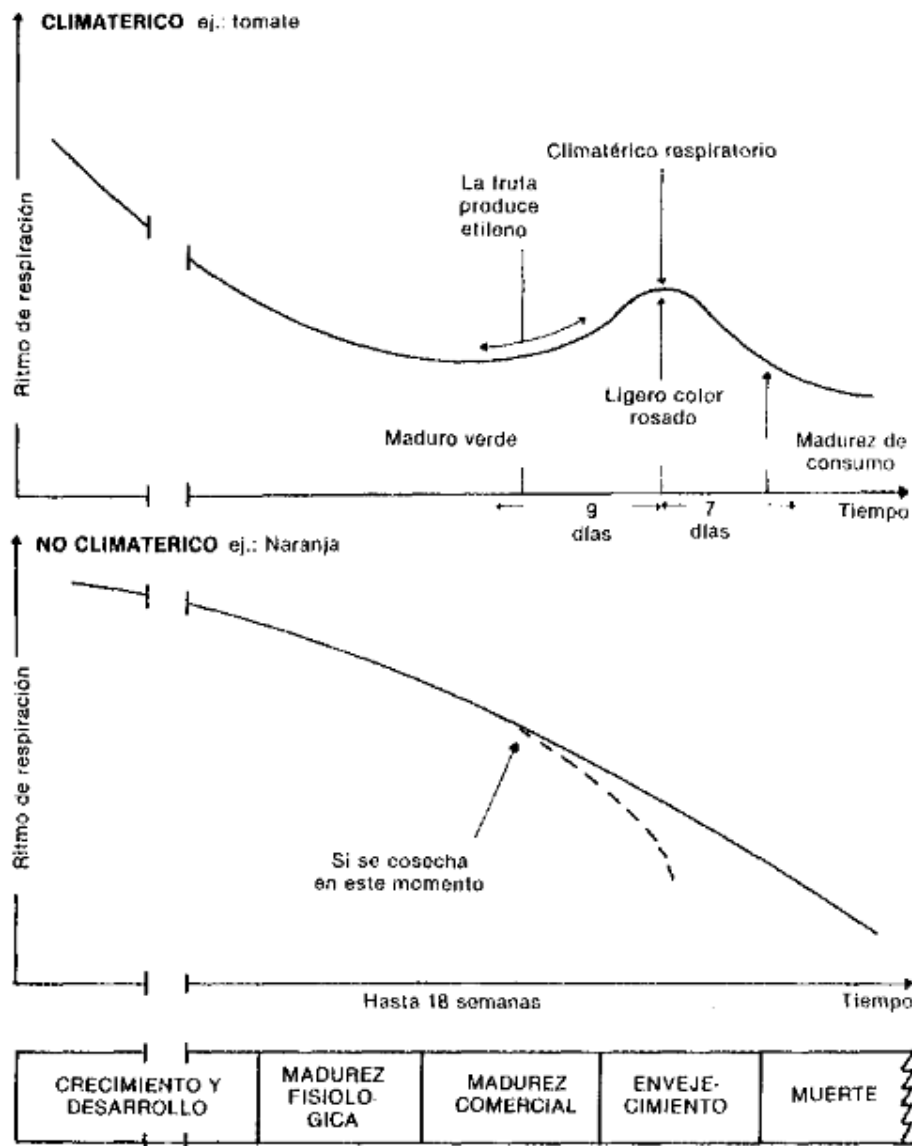


Figura 3: Tasa de respiración en frutos climatéricos y no climatéricos

FUENTE: Tomado de FAO (1987)

En términos generales, se ha encontrado que la acumulación de etileno (C_2H_4) en los tejidos precede al alza climatérica en la tasa de respiración. El etileno actúa incrementando la permeabilidad de la membrana celular, lo cual permite un mejor intercambio de oxígeno y productos finales de respiración, lo que resulta en una mayor tasa de respiración. Igualmente el etileno se produce cuando cesa la actividad de síntesis en los cloroplastos y en otros componentes de la célula, y comienzan los procesos degradativos normales (Barreiro y Sandoval 2006).

El climaterio está generalmente relacionado con cambios externos en la apariencia de la fruta, características del momento de madurez y senescencia, tales como cambios en la composición, desarrollo de color externo y cambios en la textura y sabor. Para que estos cambios tengan lugar y la fruta alcance su máximo de sabor y palatabilidad, éste debe cosecharse cuando haya alcanzado su madurez fisiológica. Las frutas cosechadas inmaduras, fisiológicamente, en general no desarrollan estos cambios que les dan su calidad característica (Barreiro y Sandoval 2006). Los frutos climatéricos se pueden cosechar cuando han alcanzado su pleno desarrollo pero no han empezado a madurar (FAO 1993).

Vargas *et al.* (1987) y Suárez (2003) realizaron una caracterización del desarrollo y maduración del fruto de acuerdo al ciclo climatérico, la cual se describe a continuación como:

- Pre-climaterio o fruto inmaduro: Es la etapa comprendida hasta la formación completa del fruto, con sus sólidos, división celular y alargamiento de las mismas. Este proceso ocurre en la planta, se empieza a desarrollar el fruto y todas las sustancias se acumulan en él, el producto está verde, la textura es dura, el producto es insípido y tiene una gran cantidad de ácidos orgánicos, almidón, enzimas y minerales. Al final de esta fase se ha llegado prácticamente al máximo desarrollo de su tamaño.
- Climaterio o fruto maduro: Comprende por la aparición de los primeros síntomas de madurez, hasta el desarrollo completo de la misma. Cuando se cosecha empieza el aumento de la respiración, se presentan diferentes cambios en la fruta, se desarrollan sabores y olores característicos. También los pigmentos como los carotenos darán coloraciones amarillas. La textura de la fruta se vuelve blanda, disminuye la cantidad de ácidos, los almidones comienzan a desdoblarse en azúcares

(sacarosa, glucosa y fructosa) lo que da un sabor más dulce a la fruta, se llega al punto donde ésta tiene las características óptimas para el consumo.

- Post-climaterio o envejecimiento: Anuncia el comienzo del envejecimiento de los tejidos. Todos los compuestos empiezan a degradarse, los azúcares se desdoblán a alcoholes y dióxido de carbono, los ácidos de la fruta se degradan y dan sabores desagradables, los tejidos se vuelven más blandos, es entonces cuando penetran los microorganismos, el producto se pudre y se presentan malos olores.

En relación con el proceso de maduración de las frutas, Hernández y Sastre (1999) y Moreno *et al.* (2014), definieron tres clasificaciones:

- Madurez organoléptica o de consumo: Coincide con la etapa del desarrollo del fruto en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Es el momento en el que se alcanzan las mejores características organolépticas y la fruta es más adecuada para el consumo.
- Madurez comercial o de recolección: momento en que la fruta debe ser recolectada; en general es un periodo anterior a la madurez gustativa o de consumo. La madurez comercial se refiere al momento adecuado de la recolección de un fruto para que cumpla con las exigencias del mercado que lo demanda. Generalmente, guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo (inmadurez, madurez óptima, sobre-madurez). En ese sentido, los frutos climatéricos se recolectan, habitualmente, antes del pico climatérico para su distribución comercial, de forma que terminan de madurar fuera del árbol. Por el contrario, los frutos no climatéricos deben ser cosechados en estado de maduración óptima para el consumo.
- Madurez fisiológica: Se da cuando las semillas del fruto han evolucionado lo suficiente para que sean viables, se refiere al momento en el que son capaces de germinar y originar una nueva planta. Se alcanza poco después del envero, pero en este momento el fruto todavía está inmaduro y no puede ser consumido. Por ello, la evolución de la madurez fisiológica hasta lograr la madurez organoléptica solo se completa de un modo adecuado cuando el fruto está en la planta.

Lizana *et al.*, citados por Castro (1999) consideran que la lúcuma presenta una maduración climatérica y divide el proceso en cinco etapas de acuerdo al color externo, color de la pulpa,

la resistencia de la misma, la respiración y los sólidos solubles en su evolución, señalando que el cambio de color del fondo de la piel puede tener limitaciones en su uso como índice de madurez de cosecha, al igual que con el color de la pulpa. Sin embargo, indica que los sólidos solubles y el ablandamiento de la pulpa puede ser utilizados como índices de referencia, siendo el último un índice promisorio, dado que este puede cambiar de 27.5 a 1 lb-f, a lo largo de las cinco etapas de maduración, en aproximadamente 11 días de evaluación.

Según Castro (1999), la mayoría de productores de la Costa central, caso Huaral, cosechan la lúcuma cuando se encuentra en estado de madurez fisiológica y un pequeño porcentaje de ellos lo recolectan luego de su caída del árbol. Utilizan un solo indicador (el color externo verde amarillento o el color verdoso amarillento del epicarpio bajo los sépalos) o varios indicadores a la vez (color externo, color del epicarpio bajo los sépalos, color amarillo – naranja de pulpa, menor dureza, aroma característico, brillo, caída natural y tiempo) de madurez. En este fruto la mayor evolución de color se detecta en la pulpa o mesocarpio variando de amarillo claro a amarillo – naranja, emitiendo un aroma y sabor *sui generis* característicos. Es un fruto que aun siendo seco-harinoso presenta una alta deshidratación (Luchsinger y Sandoval, citados por Castro 1999).

2.2.2 CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE LA MADURACIÓN

En las frutas es importante considerar el proceso de maduración como un fenómeno bioquímico que condiciona cambios metabólicos, modificaciones de aspecto y atributos de calidad (Aranceta y Pérez 2006). La maduración, desde el punto de vista metabólico, conlleva una diferenciación de tejidos, una síntesis específica de enzimas, y modificaciones fisicoquímicas que se reflejan, en un cambio de propiedades y atributos de calidad (olor, textura, sabor y valor nutritivo); se produce así ablandamiento, endulzamiento, aromatización y coloración progresiva (Hernández y Sastre 1999). Así mismo, Ketsa y Daengkanit (1999) afirman que la maduración es caracterizada por un incremento en la respiración, producción de etileno, contenido de sólidos solubles, azúcares, β -carotenos y producción de aroma, además de un decrecimiento en el almidón, firmeza y un eventual envejecimiento. La lúcuma es una fruta climatérica, por lo que se cosecha en su madurez fisiológica (FAO/OMS 2010).

El cambio de color de los frutos durante la maduración es muy típico y suele deberse a la degradación de la clorofila (pigmento de color verde), haciendo visibles otros pigmentos que se encontraban encubiertos (Vollmer *et al.*, citados por Aranceta y Pérez 2006). Dejan al descubierto otros pigmentos presentes en el tejido, o que se sintetizan simultáneamente, característicos de las frutas maduras, tales como colores amarillos, anaranjados y rojizos provenientes de carotenoides y antocianinas entre otros (Barreiro y Sandoval 2006). Según Rodrigo y Zacarias (2003) en general, existe una correlación entre el contenido total y perfiles de carotenoides a lo largo del proceso de desarrollo y maduración del fruto, modificándose por acción de enzimas.

Según Castro (1999) en frutos de lúcuma B-2 de seda procedente de Huaral de menor desarrollo, aproximadamente 4 a 4 ½ meses (después de anthesis) de edad, el color externo es verde opaco y durante el paso del tiempo variará a verde pálido hacia los ocho meses de edad, esto durante el desarrollo en la planta, además que el color del epicarpio bajo los sépalos evoluciona de verde pálido claro a verde amarillo. En cuanto a frutos sometidos a maduración post-cosecha el color verde pálido varía hacia verde amarillo. Por otro lado, en frutos con mayor desarrollo, de 7 a 7 ½ meses de edad, con color característico verde pálido, a medida que pasan los meses varían significativamente. El color verde amarillento del epicarpio bajo los sépalos se torna totalmente amarillo. Al cosecharlas y someterlas a maduración post-cosecha presentan cambios significativos de color de epicarpio a verde amarillo bronce. El color generalmente elegido por los agricultores para la cosecha es el verde pálido al verde amarillo.

González (1991) afirma que la lúcuma seda generalmente presenta coloración exterior verde al estado maduro. Muchas veces de acuerdo al clima, la coloración de la cáscara, presenta manchas amarillas, en el momento de la maduración, pero no necesariamente indica una maduración exacta, sino que la fruta se encuentra en un periodo de pre-maduración o “sazón” (madurez fisiológica), y requiere un tiempo adecuado de almacenamiento para adquirir la maduración óptima. Una característica fisiológica de madurez del fruto, es las rajaduras externas esto es calificado como una propiedad de lúcuma de buena calidad. En cuanto a la pulpa de lúcuma el color tiende a incrementarse durante la maduración (Castro 1999). Lizana, citado por Castro (1999) definió 5 fases para el color de la pulpa de la lúcuma durante los estados de madurez; el amarillo claro, amarillo crema, amarillo, amarillo oscuro y

amarillo naranja. El color amarillo naranja es en el fruto de madurez de consumo, y de cosecha o fisiológico, el color amarillo oscuro intenso.

Las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua (80 por ciento o más) y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. En la maduración de la lúcuma, la tendencia de incremento de materia seca se debe a la actividad respiratoria de la fruta, al ser climatérica se produce un incremento respiratorio que precede al inicio de la maduración, así se produce una gran cantidad de calor y humedad interior debido a la energía liberada y producción de CO₂ y agua, asimismo los componentes de la pared celular al ser hidrolizados provocan permeabilidad para liberar el agua interna. La atmósfera interna de frutas y hortalizas está saturada con vapor de agua, pero a la misma temperatura el aire circundante está menos saturado. Existe pues un gradiente a lo largo del cual el vapor de agua se mueve desde el producto al aire que lo rodea (FAO 1987, Castro 1999).

Con relación a lo anterior, González (1991) estudió la lúcuma del fundo Santa Rosa (Lurín, Lima), en dos momentos diferentes, en estación de verano (Marzo) y otras recolectadas en invierno (Agosto-Setiembre) con periodo de sequía; en ambos casos los frutos fueron recolectados después de caer del árbol. En verano presentaron valores (en porcentaje) de humedad de 70.02, fibra de 1.22 y carbohidratos de 25.54; en cambio en invierno, se obtuvo 36.62, 1.28 y 54.60, respectivamente, la diferencia de humedad es debido a la sequía extrema, por lo regular requieren de mucha agua para desarrollar como para madurar. En cuanto a los carbohidratos aumenta en proporción con la reducción de humedad.

A través de la maduración de las frutas se dan reacciones de hidrólisis sobre las macromoléculas presentes en los frutos verdes, generando moléculas de menor peso molecular, que cumplen un rol importante en la constitución del sabor de la fruta; por lo tanto, se espera que durante la etapa de desarrollo y maduración del fruto los sólidos solubles totales de la fruta presenten un incremento constante, acompañado de la pérdida de firmeza del fruto (Cardona *et al.* 2011). Quizás los cambios más acusados en las frutas se producen en la fracción hidrocarbonada, tanto en los carbohidratos disponibles como en la fracción de fibra. El almidón se hidroliza dando azúcares sencillos, lo que se va a traducir en un aumento del sabor dulce, aunque en este también influye la modificación de los ácidos

orgánicos que en general disminuyen, transformándose también en azúcares (Hernández y Sastre 1999).

Moggia y Pereira (2006), afirman que el almidón en las manzanas (fruto climatérico) se encuentra presente desde los primeros días después de la antesis, con niveles menores a 5 mg/g peso fresco. Esta concentración disminuye a un mínimo (< 1 mg/g), 30 días después de la floración. Desde aquí se acumula hasta alcanzar más de 25 mg/g, entre los 110 y 130 días. Posteriormente, la concentración empieza a disminuir, etapa que corresponde a la maduración. Dado que el almidón se sintetiza a partir de los carbohidratos provenientes de las hojas, cualquier factor de estrés que afecte la fotosíntesis (plagas, enfermedades, radiación solar, agua, nutrición), alterará su acumulación en los frutos.

La textura de las frutas depende de los componentes estructurales. Las microfibrillas de celulosa y diversas hemicelulosas, xilanos y ligninas son responsables de la rigidez característica de las frutas. La turgencia, que le confiere su firmeza y succulencia, depende del agua retenida por osmosis en las células y pueden constituir hasta el 90 por ciento del peso del tejido. La permeabilidad de las membranas celulares se modifica durante la maduración, el almacenamiento o el procesado, lo cual afecta a la textura (Gil 2010). En general, durante la maduración los cambios en textura, ablandamiento de tejidos, se originan al convertirse la protopectina en pectina soluble y por hidrólisis del almidón o de las grasas, dados en la pared celular (Barreiro y Sandoval 2006). Ésta puede dividirse en tres capas: la lamela intermedia, y las paredes primaria y secundaria. En el tejido parenquimático (tejido mayoritario en las frutas) la lamela intermedia actúa como un cemento intercelular (manteniendo unidas las células) y está compuesto principalmente por pectina. Su degradación da lugar a la desintegración del tejido por separación celular. La pared celular primaria está compuesta por microfibrillas de celulosa unidas esencialmente a través de un entramado constituido por hemicelulosa, pectina y proteínas, formando una matriz más o menos rígida. Las sustancias pécticas son heteropolisacáridos constituidos por una cadena principal de ácido 1,4 alfa- D- galacturónico (López y Modrego 1994).

La degradación de las pectinas y las hemicelulosas debilita las paredes celulares y las fuerzas de cohesión que mantienen unas células unidas a otras. Las pectinas están unidas inicialmente en el fruto por enlaces cruzados a otras cadenas poliméricas a través de puentes de calcio, dando lugar a polímeros de gran tamaño. Durante la maduración, la protopectina

va degradándose por acción de las pectinasas, dando fracciones de peso molecular más bajo y más solubles en agua, lo que origina el ablandamiento de la fruta (Gil 2010). En el desarrollo en la planta hasta antes de su madurez, la lúcuma tiene una resistencia mediana sin indicios de disminución de firmeza (medición en forma manual); en tanto en los frutos madurados fuera de la planta la percepción manual es evidente (Castro 1999).

Los cambios en la acidez titulable del fruto se dan como resultado del balance entre las reacciones de biosíntesis de ácidos orgánicos mayoritarios responsables del sabor y su utilización como fuente de energía (compuesto de reserva) en los ciclos oxidativos involucrados en la respiración y la fotosíntesis del fruto. Las células del fruto se encuentran con capacidad de usarlos como sustrato para la respiración o bien convertirlos en monosacáridos (Barrera *et al.*, citados por Cardona *et al.* 2011), también son involucrados en otros procesos metabólicos de la planta como su nutrición, el incremento de resistencia a la toxicidad de los metales pesados, la apertura de estomas, la modificación de la acción de algunas hormonas de la planta y en el control de los cambios ontogénicos (Fennema 2000).

Los ácidos de menor cuantía tienen una tendencia decreciente probablemente derivada de su consumo en los ciclos de oxidación correspondientes a los procesos de respiración y fotosíntesis de la fruta dentro de su metabolismo primario. Adicionalmente, se encontró que estos mismos ácidos muestran diferencias causadas por interacciones localidad - morfotipo, indicando la influencia que tienen las diferencias entre cultivares y especies en los parámetros de acumulación de ácidos orgánicos (Cardona *et al.* 2011). Asimismo, se ha observado que existen diversas causas que afectan la acidez, la temperatura, debido a que parte de los ácidos son utilizados en la respiración, proceso que se incrementa con la temperatura; el cultivo y/o las prácticas cultivares entre otros (Coletto, citado por Castro 1999).

En las frutas, el comportamiento del pH a través del tiempo tiene dos etapas, la primera constituida por un descenso del pH y la segunda por un descenso de menor pendiente hasta el momento de la recolección. Este comportamiento indica un nivel creciente de los ácidos en el medio, producto del balance entre la biosíntesis de éstos y su utilización como sustancia de reserva de energía dentro de los ciclos de oxidación (Fennema 2000).

2.2.3 CAMBIOS BIOQUÍMICOS DURANTE LA MADURACIÓN

a. CAMBIOS EN LOS METABOLITOS PRIMARIOS

Según Moreno *et al.* (2014) las reacciones químicas que hacen posible la proliferación de los organismos vivos reciben el nombre de metabolismo, denominándose a la sucesión de aquellas rutas o vías metabólicas, las cuales pueden ser de tres tipos: oxidativas (libera energía: catabolismo), reductoras (gasta energía: proceso anabólico) y mixtas (ciclo de Krebs). Los productos del metabolismo primario son los más abundantes en la naturaleza, aparecen en todas las plantas y desempeñan un papel esencial en el metabolismo básico de la planta; son las proteínas, los ácidos nucleicos y los tipos más frecuentes de carbohidratos y lípidos. Están directamente implicados en el crecimiento y desarrollo de la planta (Castillo y Martínez 2007). Un metabolito primario se forma esencialmente al mismo tiempo que las nuevas células y la curva de producción es casi paralela a la curva de población celular, con solo un retraso mínimo (Tortora *et al.* 2007).

La maduración organoléptica requiere de la síntesis de nuevas proteínas y ácidos nucleicos, así como nuevos pigmentos y componentes de sabor, que son sintetizados a través del metabolismo secundario. Estos procesos anabólicos requieren tanto energía como un esqueleto de carbono, que son suministrados en el fruto, como en otros tejidos, por la respiración. La respiración es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado, como en cualquier producto vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células, como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos, a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua, con liberación energética y de otras moléculas que pueden ser utilizadas durante las reacciones sintéticas acaecidas en las células (Moreno *et al.* 2014). En la Figura 4 se observan los cambios en los componentes de las frutas durante la maduración.

Lizana, citado por Castro (1999) detectó en lúcuma la presencia de glucosa, fructosa e inositol. En el estado o etapa 1 de maduración detectó solo sacarosa y trazas de glucosa y fructosa, después aumentan estos últimos y se mantienen los tres durante las siguientes etapas de maduración luego detectó inositol en pequeñas cantidades; seguidamente encontró un claro predominio de la glucosa hasta la cuarta etapa para disminuir algo en la quinta y última etapa de maduración, la fructosa en segundo lugar aumenta hacia la segunda y tercera

etapa coincidiendo con el alza climatérica máxima de respiración y en las etapas cuarta y quinta disminuía su acumulación hasta nivelarse y la sacarosa (no reductor) predominante en muchas frutas en lúcuma constituye la tercera en importancia donde alcanza su máximo promedio en la tercera etapa de maduración coincidiendo con el máximo de respiración climatérica, es decir donde la madurez comercial coincide con el comienzo del incremento respiratorio o crisis climatérica y la maduración plena o de consumo con el máximo climatérico.

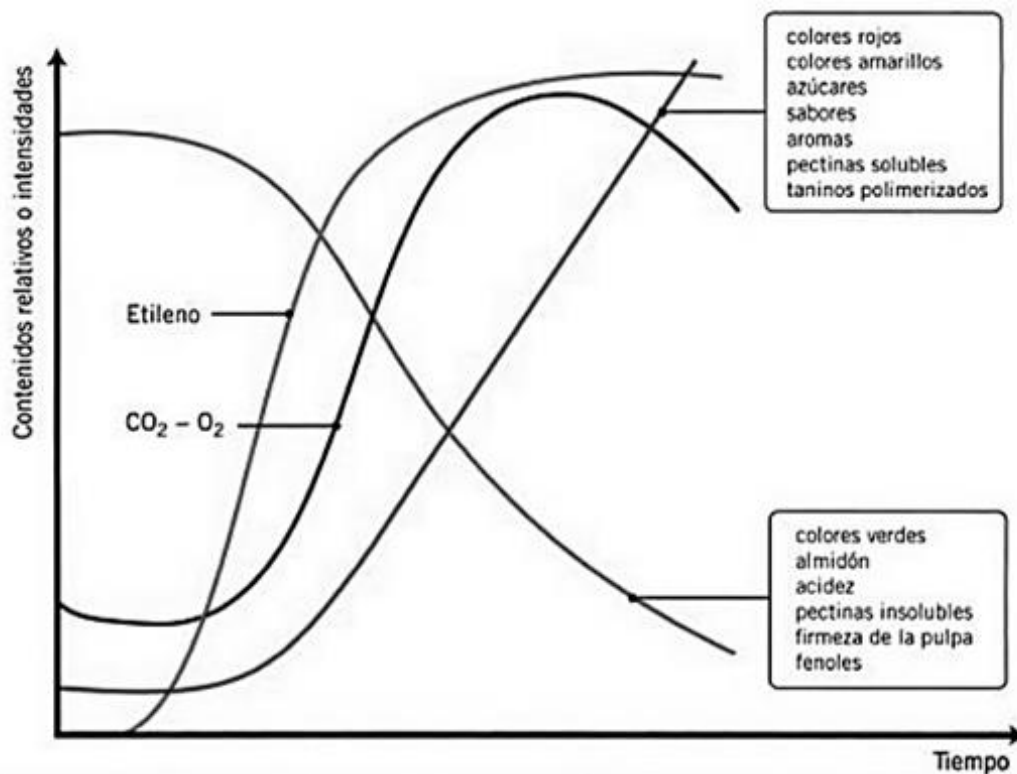


Figura 4: Efecto de la maduración sobre los componentes de las frutas

FUENTE: Tomado de De la Plaza, citado por Gil (2010)

Asimismo, Lavado *et al.* (2012) afirman que en la lúcuma verde solamente se detecta la sacarosa, pero conforme se produce la maduración aumenta la cantidad de glucosa, sacarosa y fructosa, y se empieza a detectar el inositol. El aumento respiratorio antes de la maduración en frutos climatéricos implica un aumento de actividad de la piruvato descarboxilasa que a su vez provoca el aumento del CO₂ liberado en la quema de azúcares, disminuyendo por tanto la cantidad de azúcares en el fruto (Ribas *et al.* 2013).

En el estudio realizado por Fuentealba *et al.* (2016) donde caracterizaron los metabolitos primarios (por ejemplo, azúcares y ácidos orgánicos), y secundarios (por ejemplo, compuestos fenólicos y carotenoides), capacidad antioxidante *in vitro* y propiedades hipoglucemiantes de los biotipos de lúcuma Rosalia, Montero y Leiva 1; encontraron diferencias significativas en estos metabolitos y las propiedades funcionales relacionadas con el biotipo y estado de madurez.

Es evidente que el balance entre síntesis y consumo de ácidos orgánicos durante la maduración depende directamente de las características metabólicas de la especie. La modificación del contenido de ácidos orgánicos depende de un gran número de enzimas responsables de los sucesos claves (ablandamiento, color, entre otros) asociados a la maduración (Hernández *et al.* 2010).

b. INFLUENCIA DE LAS ENZIMAS EN LOS CAMBIOS DURANTE LA MADURACIÓN

Los cambios bioquímicos presentados durante la maduración de las frutas se inician solo cuando el fruto ha desarrollado considerablemente sus tejidos, y se dan debido al inicio de una serie de reacciones que incluyen enzimas y metabolitos desarrollados en etapas anteriores. Este proceso es dependiente de la naturaleza de la fruta, y por tanto de su intensidad respiratoria y la producción de etileno durante el desarrollo (Cardona *et al.* 2011).

Moreno *et al.* (2014) refieren que la maduración de frutos está ligada a complejos procesos de transformación de sus componentes. La intensidad respiratoria es un indicador cuantitativo sobre los cambios en las rutas metabólicas y el inicio de los sistemas de descarboxilasa-oxigenasa (Fennema 2000). Durante la respiración las frutas pierden peso debido a los procesos metabólicos de oxidación que provocan una amplia gama de reacciones (Rolz 2011). Paralelamente al proceso de respiración el fruto desprende el gas etileno que induce la maduración en frutos verdes (Baraona y Sancho 2000). Es un compuesto gaseoso químicamente simple (C_2H_4) y se considera la hormona de la maduración puesto que es producido en forma endógena durante este proceso por las frutas y el incremento en su producción inicia una cascada metabólica de cambios químicos catalizados por enzimas causantes de los cambios del color, la textura, el aroma, el sabor, entre otras (Cardona *et al.* 2011, Rolz 2011).

Según Kader (2011), el etileno afecta muchas fases del crecimiento y desarrollo de las plantas, principalmente iniciar el proceso de maduración y abscisión de frutos. El etileno en las frutas climatéricas posee la actividad de ser el regulador de un amplio número de procesos fisiológicos. Además Gil (2010) afirma que actúa como estimulante de la respiración, así en las frutas climatéricas se producen cantidades más elevadas que en las frutas no climatéricas, y la respuesta del etileno exógeno en estos frutos también es diferente. Así, en las frutas climatéricas pequeñas concentraciones de etileno aceleran la plena maduración, mientras que, en las no climatéricas, el etileno solo acelera la actividad respiratoria. Kader (2011) explica que el mecanismo de acción del etileno se daría como sigue, el etileno se uniría a una proteína denominada el sitio de unión, estimulando así la liberación de un denominado segundo mensajero que instruye el ADN para formar moléculas de ARNm (ARN mensajero) específicos para los efectos del etileno. Estas moléculas son “traducidas” en proteínas por los polisomas y las proteínas así formadas son las enzimas que causan las respuestas del etileno. Estas son enzimas específicas requeridas para la maduración.

Se han realizado diversos estudios de la relación de las enzimas con los cambios en la maduración de las frutas, por ejemplo, García *et al.* (2006), afirman que en la post-cosecha del banano se acompaña de múltiples reacciones enzimáticas, causantes de la degradación de almidones y clorofila, de la síntesis de azúcares y carotenos, y de los cambios en la acidez, ablandamiento de tejidos y pardeamiento enzimático.

Según López y Modrego (1994) las enzimas responsables de la degradación de la pared celular vegetal pueden ser endógenos (sintetizados por el propio vegetal) o producidos por diversos microorganismos, siendo evidente que la mayor responsabilidad en cuanto a dicha degradación recaerá sobre los que alteran los componentes principales de la pared, es decir, las enzimas pécticas, celulasas y hemicelulasas. Las enzimas pécticas se clasifican en dos grupos: (1) los que desesterifican la pectina (pectinesterasas) y (2) los que catalizan la ruptura de los enlaces alfa-1,4 glicosídicos de los polisacáridos pécticos (depolimerasas). Jiménez y Merchant (2003) mencionan que las endopoligalacturonasas y la pectin-metilesterasa están ampliamente distribuidas, debido a que las pectinas están presentes en la mayoría de paredes celulares, pero son particularmente abundantes en tejidos jóvenes y en frutos. El papel de esta enzima en la degradación de paredes celulares ha sido establecido firmemente.

La poligalacturonasa (PG) se presenta asociada a la maduración del fruto, el sitio principal de su actividad es la laminilla media de la pared celular, tiene un pH óptimo que varía en un intervalo entre 4.5 y 6.0. En los frutos inmaduros, prácticamente no se detecta actividad de PG, pero al aproximarse el periodo de la maduración hay un incremento sustancial y es posible detectar a la enzima (Rattanapanone *et al.* 1978; Tucker y Grierson, citados por Pérez 2003). La actividad de ésta puede ser endo (degradación al azar de la cadena pectídica) o exo (degradación de los extremos libres no reductores de la cadena pectídica) (Rodríguez *et al.* 2005). La solubilización de poliuronidos es generalmente atribuida a la acción de la PG, la cual aparece en algunos tipos de frutas cerca al comienzo de la maduración. Sin embargo, en algunas frutas, más notablemente en manzanas y duraznos maduros, solamente es detectada la actividad exopoligalacturonasa (Cutillas-Iturralde *et al.* 1993). En el durián (*Durio zibethinus*) inmaduro la actividad PG es baja y se incrementa marcadamente durante la maduración, es donde se da la formación de pectina hidrosoluble y la declinación de la firmeza (Ketsa *et al.* 1998).

La pectinesterasa o pectinmetilesterasa (PE) es una enzima que cataliza la desmetilación del grupo carboxilo del C6 de residuos del ácido galacturónico. Al igual que PG, esta enzima se encuentra asociada físicamente a la pared celular y se ha sugerido que la función de la PE es la esterificación de las pectinas de la laminilla media para permitir la actividad de la PG durante la maduración de los frutos. Se ha reportado que los niveles de esta enzima, normalmente son muy altos en frutos inmaduros y disminuye hasta poco antes de la maduración (Pérez 2003). Ketsa *et al.* (1998) encontraron que en el durián, la actividad PE es muy alta en el estado inmaduro de la fruta y durante el ablandamiento aumenta ligeramente, casos similares pasan con la cereza y la pera; sin embargo, pasa lo contrario con la palta y el mango.

Las α -amilasas son enzimas que catalizan la endohidrólisis de los enlaces α -1,4-glucosídicos de polisacáridos con más de tres unidades de D-glucosa unidas por un enlace α -1,4. Son enzimas hidrolíticas que despolimerizan al almidón como parte del metabolismo celular básico para obtener glucosa, hidrolizan a la amilosa al azar produciendo finalmente maltosa y maltotriosa, sobre la amilopectina, su actividad está restringida por los puntos ramificados α -1,6 y sus productos son glucosa, maltosa y α -dextrinas (Arellano y Olmos 1999). Ha sido reportada por su papel fundamental en los cambios de textura y de sabor, que hidroliza

enlaces glucosídicos del almidón produciendo oligosacáridos, maltosa y glucosa. Estos azúcares se producen durante la maduración y son responsables junto con la fructosa del intenso sabor dulce de las frutas (Seymour y Gross, citados por Menéndez *et al.* 2006).

Las β -amilasas se presentan comúnmente en plantas, hidrolizan el extremo no reductor de las cadenas y los productos son la maltosa y dextrina (Arellano y Olmos 1999). Durante la maduración del fruto se da una conversión de almidón a azúcares, que modula de manera significativa el sabor de los frutos. Las enzimas amilasas están involucradas en esta degradación del almidón, María *et al.* (2016) encontraron que el tomate tiene una alta actividad durante las últimas etapas del desarrollo del fruto; es decir, hay una mayor participación de la enzima en el agotamiento de almidón y en el aumento de azúcares solubles totales en tomates maduros.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en el Instituto de Biotecnología (IBT), área de Biotecnología Industrial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 MATERIA PRIMA

Se empleó lúcuma (*Pouteria lucuma*) en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y en estado de madurez fisiológica (MF) del biotipo “Dos marrón” (patrón palo), procedente del vivero Topara, Fundo Huaquina de la provincia de Chincha del departamento de Ica, Perú.

3.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1 EQUIPOS

- Agitador magnético (CAT®, modelo M6, Alemania)
- Balanza analítica (OHAUS®, modelo AR2140, EE. UU.)
- Baño maría (GFL®, modelo 1083, Alemania)
- Bomba de vacío (Vacuumbrand®, modelo ME2C, Alemania)
- Centrífuga (Hettich®, Rotofix 32, Alemania)
- Centrífuga refrigerada (Hettich®, Mikro 220R, Alemania)
- Colorímetro (Minolta®, modelo R-400/410, Japón)
- Congeladora (Electrolux®, modelo H300, Brasil)
- Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama (FID) (Shimadzu®, modelo GC-2010, Japón)
- Cromatógrafo líquido de alta performance (HPLC) con detector de arreglo de diodos (DAD) (modelo 2996) y detector de índice de refracción (IR) (modelo 2414) (Waters®, modelo 2695, EE. UU.)

- Cromatógrafo líquido de ultra performance (UPLC) con detector de arreglo de diodos (DAD) (Waters®, modelo ACQUITY UPLC H-Class, Ireland)
- Espectrofotómetro (Thermo Spectronic®, Genesys 10 UV, EE. UU.)
- Espectrofotómetro de absorción atómica (Thermo Scientific Genesys 200, EE. UU.)
- Estufa (MMM MedcenterEinrichtungenGmbtl, Venticell, Alemania)
- Estufa al vacío (VWR®, 1400E-2, EE. UU.)
- Liofilizador (Labconco®, modelo 117, EE. UU.)
- Microcentrífuga (Hettich®, Rotina 420, Alemania)
- Molino (Fritsch®, modelo Pulverisette 14, Alemania)
- Mufla (Griffin & George Ltd, Gran Bretaña)
- Potenciómetro (Thermo-Orion®, modelo Star A211, EE. UU.)
- Purificador de agua (Simplicity® Water purification System, EE. UU.)
- Refractómetro de mano 0-32°Brix (VWR®, BX Series, EE. UU.)
- Refrigeradora (LG®, modelo GR-482BEF, Corea)
- Rotavapor (Heidolph®, modelo Laborotta 4000, Alemania)
- Selladora de bolsas (Machintek®, modelo KF-300H, EE. UU.)
- Sellador de vacío (Oster®, modelo V2240, Reino Unido)
- Vórtex (CAT®, modelo VM2, Alemania)

3.3.2 MATERIALES

- Micropipetas de 20-200 μL , 100-1000 μL y 500-5000 μL (Brand, Alemania).
- Se emplearon todos los materiales de vidrio requeridos por las metodologías: pipetas, microburetas, matraces erlenmeyer, tubos de ensayo, fiolas, vasos de precipitado, balones de evaporación, probetas, pera de decantación, entre otros.
- Se utilizaron los materiales de plástico necesarios para los diversos ensayos: tubos para centrifugas, puntas de micropipeta, crioviales, bolsas de polietileno, etc.
- Otros materiales como: pinzas, espátulas, gradillas, magnetos, filtros tipo “trompo” 0.22 μm (Millipore, Brasil), Cartuchos Sep-PakVac C18 (Waters, USA), membrana de celulosa para diálisis con tamaño de corte de 33mm (Sigma-Aldrich, USA).
- Columnas para análisis cromatográfico: Shodex Asahipak NH₂P-40 3E (3.0 x 250 mm, 4 μm) y guarda columna NH₂P-50G 3A (3.0 x 10 mm, 5 μm) (Shodex, Japón); Aminex HPX-87 H (7.8 x 300 mm, 5 μm) y guarda columna Micro-Guard Refill

Cartridge (Bio-Rad, Laboratories); columna ACQUITY UPLC BEH C18 (2.1 x 100 mm, 1.7 μ m) y columna Restk Rt-2560 (0.25 mm DI x 100 m, 0.2 μ m).

3.3.3 REACTIVOS

- 1,2-Dihydroxybenzene (Catecol) (Sigma-Aldrich, USA)
- 1,4 - Dithiothreitol (DTT) (Merck, Alemania)
- 3,5 Dinitrosalisílico (DNS) (p.a. Sigma, USA)
- Acetato sódico anhidro (Mallinckrodt, USA)
- Acetonitrilo (grado HPLC J.T. Baker, USA)
- Ácido acético glacial (p.a. Fermont, México)
- Ácido ascórbico 261556 (Aldrich, USA)
- Ácido clorhídrico (J.T. Baker, México)
- Ácido cítrico anhidro (Scharlau, España)
- Ácido fosfórico (J.T. Baker, USA)
- Ácido metafosfórico (Mallinckrodt, USA)
- Ácido poligalacturónico (Sigma, USA)
- Ácido sulfúrico (Merk, Alemania)
- Alcohol etílico desnaturalizado (J.T. Baker, USA)
- Almidón soluble (Merck, Alemania)
- Azul Brillante de Coomassie G (Sigma-Aldrich, USA)
- Bisulfito de sodio (Mallinkrodt, México)
- Carbazol (Sigma, USA)
- Cloroformo (Riedel-de Haën, Alemania)
- Cloruro de calcio (Fermont, México)
- Cloruro de sodio (Merck, Alemania)
- EDTA, sal disódicadihidrato (EMD Chemicals, USA)
- Enzima Termamyl, Type LS (α -amilasa termoestable) (NovoNordisk, Dinamarca)
- Enzima AMG (amiloglucosidasa) (Novonordisk, Dinamarca)
- Fenol (Mallinkrodt, México)
- Fosfato ácido disódico (Merck, Alemania)
- Fosfato de sodio dibásico anhidro (Merck, Alemania)
- Fosfato de potasio monobásico (Merck, Alemania)
- Fosfato diácido de potasio (Fermont, México)

- Ftalato ácido de potasio (p.a. Riedel-de Haën, Alemania)
- Hexano (J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Hexano (grado HPLC J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Hidróxido de potasio (Akzo Nobel, Argentina)
- Hidróxido de sodio (Merck, Alemania)
- Kit de ácidos orgánicos 47264, conteniendo acético, adípico, L-ascórbico, benzoico, butírico, cítrico, isobutírico, fórmico, fumárico, láctico, isocítrico, maleico, malónico, málico, oxálico, fítico, propiónico, quínico, succínico, shikimico y tartárico (Supelco, USA)
- Kit de azúcares CAR10, conteniendo arabinosa, fructosa, glucosa, galactosa, manosa, ribosa, xilosa, perceitol y manoheptulosa (Supelco, USA)
- Kit de azúcares-alcohol 47266, conteniendo arabitol, dulcitol, iso-erythritol, glicerol, maltitol, manitol, ribitol, sorbitol y xilitol (Supelco, USA)
- *Myo*-inositol I5125 (Sigma, USA)
- Kit de fibra dietaria TDF-100 A (Sigma, USA)
- Kit de glucosa (GO) GAGO-20 (Sigma-Aldrich, USA)
- Mercaptoetanol (Sigma, USA)
- Metanol (J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Metanol (grado HPLC J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Metil undecanoico C:11 (Restek, USA)
- Polivinilpolipirrolidona (PVPP) (Merck, Alemania)
- Tartrato de sodio y potasio (Sal de Rochelle) (Merck, Alemania)
- Tris (hidroximetil) amino-metano (Sigma, USA)

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1 HUMEDAD Y MATERIA SECA

Se determinó por el método gravimétrico porcentual Método 920.151 (AOAC 2007), por pérdida de peso en estufa a presión de vacío. Esto se realizó tanto en la muestra fresca como en la muestra liofilizada. Las muestras pesadas en placas fueron secadas en la estufa a una temperatura de 70 °C y presión de 20 y 5 mm Hg para la lúcuma fresca y liofilizada, respectivamente. Los resultados se expresaron en porcentaje y se obtuvo el valor de materia

seca por la diferencia del total (100 por ciento) expresando el resultado también en porcentaje.

3.4.2 pH

Se determinó mediante el Método 981.12 (AOAC 2007). Diez gramos de muestra fueron homogenizados con 100 mililitros de agua destilada libre de CO₂. El homogenizado fue centrifugado y el pH se midió en el sobrenadante por medio de un potenciómetro.

3.4.3 ACIDEZ TITULABLE

Se empleó el Método 942.15 (AOAC 2007) y se expresó en porcentaje de ácido cítrico (g ácido cítrico/100 g de lúcumo bs). Diez gramos de muestra fueron homogenizados con 100 ml de agua destilada libre de CO₂, el homogenizado fue centrifugado. El sobrenadante fue titulado con NaOH 0.01 N hasta alcanzar un pH de 8.1.

3.4.4 SÓLIDOS SOLUBLES

Se determinó por refractometría de acuerdo al Método 932.12 (AOAC 2007), el resultado se reporta como porcentaje de sólidos solubles (° Brix).

3.4.5 COLOR POR EL MÉTODO CIELAB

El color de las muestras, tanto en la pulpa como en la cáscara se determinó por el método CIELAB utilizando un colorímetro de refracción (MINOLTA). Se determinó los valores L*, a* y b* (luminosidad, valor rojo-verde y valor amarillo-azul, respectivamente). El colorímetro fue calibrado con el azulejo blanco antes de cada serie de mediciones. El valor del ángulo de tono (h°) y croma (C), también fueron determinados. Se realizaron 6 mediciones para cada determinación.

3.4.6 AZÚCARES REDUCTORES

Se usó el método del ácido 3,5-dinitrosalisílico (DNS), recomendado por Miller (1959), el resultado fue expresado como porcentaje de azúcares reductores en fructosa. Se realizó la curva estándar con fructosa (Anexo 1).

3.4.7 ALMIDÓN

Se realizó de acuerdo con el Método 996.11 (AOAC 2007). Luego de la reacción enzimática se realizó la cuantificación de la glucosa producto de la hidrólisis por medio del Kit de Glucosa (GO). Los resultados fueron determinados con la curva estándar de glucosa (Anexo 2) y luego transformados a almidón con el factor de conversión 162/180.

3.4.8 PECTINA TOTAL

Se utilizó el método de McComb y McCready (1952) y McCready y McComb (1952) con algunas modificaciones. Las sustancias pécticas se extrajeron de la muestra previamente desazucarada y seca con una solución de NaOH 0.05 N, el sobrenadante se diluyó adecuadamente y se sometió a la reacción con H₂SO₄ concentrado durante 10 minutos a temperatura de ebullición, con el fin de hidrolizar la pectina a ácido galacturónico. Se prosiguió a agregar carbazol al 0.15 por ciento, el cual hace que se forme un compuesto coloreado analizado por espectrofotometría a una $\lambda = 520$ nm. El resultado se expresó en g ácido galacturónico/100 g lúcumo bs, para lo cual se realizó la curva estándar con ácido galacturónico (Anexo 3).

3.4.9 FIBRA DIETARIA SOLUBLE E INSOLUBLE Y FIBRA TOTAL

Se utilizó el método 991.43 (AOAC 2007) con algunas modificaciones. La muestra seca, se trató secuencialmente con α -amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa para remover el almidón y proteína. El hidrolizado fue filtrado y el residuo, que es la fibra dietaria insoluble (FDI) fue lavado con agua caliente, alcohol y acetona, secado y pesado. Para la fibra dietaria soluble (FDS), se combinó el filtrado y el agua de lavado, para precipitarlo con alcohol, filtrarlo, secarlo y pesarlo. Los valores del residuo de FDI, y FDS fueron corregidos

por proteína, ceniza y un blanco. La fibra dietaria total (FDT) se obtuvo de la suma de FDI y FDS.

3.4.10 MINERALES

Se determinó el contenido de calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg) mediante espectrofotometría de absorción atómica (Genesys 200; Fisher Scientific, Schaumburg, Illinois, USA), usando estándares de tales elementos (Chapman y Pratt 1973).

3.4.11 AZÚCARES Y AZÚCARES ALCOHOL

Los azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, entre otros) y los azúcares alcohol (principalmente el *myo*-inositol) fueron extraídos con la metodología reportada por Pérez *et al.* (1997) con una solución al 95 por ciento de etanol, luego evaporado y resuspendidos en agua acidulada (H₂SO₄ 0.2 N + EDTA 5 por ciento). Se pasó y se purificaron en un cartucho Sep-Pak C18. Se eluyeron con la misma solución de resuspensión. El contenido de azúcares y azúcares alcohol fue determinado por HPLC-IR de acuerdo al método citado por Campos *et al.* (2016). Se empleó una columna Shodex NH₂P-40 3E (3.0 x 250 mm, 4 μm) y guarda columna NH₂P-50G 3A (3.0 x 10 mm, 5 μm). La fase móvil fue acetonitrilo:agua (72.5:27.5) a un flujo de 0.35 ml/min y 35 °C; identificadas con un detector de índice de refracción (IR). Tanto muestras como estándares (fructosa, glucosa, sacarosa y *myo*-inositol) fueron filtrados a través de filtros de 0.22 μm previo a la inyección. Los resultados fueron expresados como gramos de azúcares por 100 gramos de materia seca.

3.4.12 ÁCIDOS ORGÁNICOS

Para la determinación de ácidos orgánicos, se empleó los extractos obtenidos para azúcares. Los ácidos orgánicos fueron identificados y cuantificados por HPLC-PAD siguiendo la metodología descrita por Aguilar-Galvez *et al.* (2011) usando una columna Aminex® HPX-87 H (7.8 DI x 300 mm, 5 μm) (Bio-Rad Laboratories) como fase fija, una solución filtrada y desgasificada de H₂SO₄ 0.005 N a pH 2.5 como fase móvil y un detector de arreglo de diodos (DAD) a un longitud de onda de 210 nm. La identificación y cuantificación fue por comparación con los tiempos de retención de estándares puros previamente inyectados.

3.4.13 ÁCIDO L-ASCÓRBICO Y DEHIDROASCÓRBICO

Se determinó el contenido del ácido L-ascórbico mediante el método utilizado por Klimczak y Gliszczyńska-Swigło (2015) con algunas modificaciones. El ácido L-ascórbico fue extraído de la muestra con ácido metafosfórico al 10 por ciento, luego centrifugado y filtrado. Se realizó la reacción de una fracción del extracto con DL-dithiothreitol (DTT) al 5 por ciento para reducir el dehidroascórbico a ácido L-ascórbico. Ambas fracciones, extracto y extracto reducido, fueron filtradas a través de un filtro de 0.22 μm previo al análisis por UPLC. La cuantificación se realizó mediante UPLC-DAD con una columna ACQUITY UPLC BEH C18 (2.1 x 100 mm, 1.7 μm). La fase móvil fue compuesta por metanol y KH_2PO_4 5 mmol/L, pH = 2.65, ajustado con H_3PO_4 a un flujo de 0.15 ml/min y 245 nm como longitud de onda de detección. La identificación y cuantificación fue por comparación con los tiempos de retención de estándar de ácido L-ascórbico previamente inyectado. Los resultados fueron expresados en mg de L-ascórbico/100 g de materia seca.

3.4.14 ACIDOS GRASOS

La extracción de lípidos se realizó siguiendo el método descrito por Bligh y Dyer (1959). Se realizó la extracción de aceite de las muestras de lúcumo, para lo cual previamente fueron hidratadas con agua destilada, luego se adicionó la mezcla de cloroformo: metanol, 25:50 ml, con agitación por dos minutos; seguidos de cloroformo y agua con agitación por 30 segundos con cada uno. El paso siguiente fue una filtración al vacío y la separación de fases, para quedarse con la fase de cloroformo. Se procedió a la evaporación del solvente y recuperación del aceite. Para la cuantificación del perfil de ácidos grasos se utilizó el método reportado por Ruibal-Mendieta *et al.* (2004). Los ácidos grasos fueron metilados previo análisis en un Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama (FID), usando una columna Restk Rt-2560 (0.25 mm DI x 100 m, 0.2 μm). Los ácidos grasos fueron identificados utilizando estándares metilados y comparando el tiempo de retención.

3.4.15 ACTIVIDAD POLIFENOLOXIDASA

Se empleó la metodología reportada por Ndiaye *et al.* (2009) con algunas modificaciones. Se homogenizó 3 g de lúcumo liofilizado con 30 ml de buffer McIlvaine citrato-fosfato, pH 6.5 a temperatura de refrigeración. Posteriormente se centrifugó a 6000 RPM y 4 °C durante

30 min, el sobrenadante se recuperó y se almacenó en refrigeración hasta el momento del análisis. Se mezcló 429 μ l de una solución de catecol 0.175 M, 855 μ l del buffer cítrico-fosfato (pH 6.5) y 214.5 μ l de extracto enzimático en la celda espectrofotométrica. Se incubó a 30 °C y se determinó la absorbancia cada minuto a 420 nm durante seis minutos, previamente acondicionada a dicha temperatura por un minuto. La actividad enzimática polifenoloxidasas se calculó sobre la base de la pendiente de la porción lineal de la curva $A_{420\text{ nm}}$ versus el tiempo ($\Delta A/\text{min}$).

3.4.16 ACTIVIDAD PECTINESTERASA

Se basó en lo reportado por Obenland y Carroll (2000) y Shook *et al.* (2001), con algunas modificaciones. Se homogenizó 5 g de muestra de lúcuma con 20 ml de buffer fosfato de sodio 10 mM, pH 7. Se agitó por 3 horas a 4 °C. Luego se centrifugó a 15000 g por 30 minutos. Al sobrenadante se le sometió a diálisis. Se tomó 0.5 ml de extracto dializado y se adicionó 40 ml de una solución de sustrato: contiene 1 por ciento de pectina y NaCl 0.1M, luego se ajustó a pH 7.5 con NaOH diluido. Finalmente se tituló con el punto final fijo a pH 7.5 con NaOH 0.05 N. Se anotó el gasto de NaOH. La unidad de actividad enzimática pectinesterasa fue igual a 1 μ mol de metanol producido por minuto.

3.4.17 ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA

Se utilizó el método realizado por Obenland y Carroll (2000) y Cutillas-Iturralde *et al.* (1993) con algunas modificaciones, se homogenizó 2.5 g de fruta liofilizada con 12.5 ml de solución: 0.05 M de acetato sódico pH 5.5, 0.5 M NaCl y 1 por ciento PVPP; a 4 °C. Luego se centrifugó a 15000 g por 15 minutos. Seguidamente se sometió a diálisis por 16 h. Posteriormente se realizó la reacción con 2 ml de ácido poligalacturónico 1 por ciento disuelto en buffer acetato de sodio 40 mM pH 5 y 0.2 ml de solución enzimática. Se incubó la mezcla a 37 °C por 6 horas. La reacción fue detenida por ebullición durante 5 minutos. La muestra fue centrifugada y al sobrenadante se le determinó los compuestos reductores por el método DNS usando ácido poligalacturónico como estándar. Los controles se llevaron a cabo de la misma manera con enzima inactiva, ebullición por 5 minutos. La actividad enzimática poligalacturonasa fue expresada en U/g bs (U= μ mol de ácido galacturónico/min).

3.4.18 ACTIVIDAD AMILASA TOTAL (α -AMILASA Y β -AMILASA)

Para obtener el extracto enzimático se utilizó el método realizado por Nandutu *et al.* (1998) y Hesam *et al.* (2015). A 1 gramo de muestra se le adicionó 3 ml de buffer fosfato de sodio 20 mM pH 6 que además contiene: 0.3 % NaCl, 0.2 % CaCl₂ y 0.001 % mercaptoetanol, se homogenizó durante 5 minutos a 4 °C. Luego se centrifugó con 6000 RPM a 4 °C por 15 minutos. El extracto fue diluido adecuadamente para tomar una alícuota de 0.5 ml para hacerla reaccionar con 0.5 ml de almidón soluble (1 %) en buffer citrato – fosfato 100 mM a pH 6, incubadas a 37 °C por 60 minutos con agitación. La reacción se detuvo al realizar la determinación de azúcares reductores con el método colorimétrico DNS. La curva de calibración se obtuvo usando D-Glucosa como estándar. La actividad enzimática fue expresada como U/g bs (U= umol de glucosa/min).

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

De la extensión del vivero Topará, de una fila de aproximadamente 10 árboles de lúcuma que pertenecían al biotipo “Dos marrón”, se seleccionaron cuatro árboles al azar que tenían frutos en diferentes estados de madurez, de cada árbol de toda la zona ecuatorial alrededor de la copa se recolectaron frutos de lúcuma, en estado de madurez fisiológica (MF) y en estado previo a la madurez fisiológica (pMF). Siendo definida para esta investigación los frutos de MF, como aquellos que tienen en promedio siete meses después de la floración, presentar el epicarpio bajo los sépalos de coloración amarillo-anaranjado y que han alcanzado el tamaño máximo del fruto, aproximadamente 10 cm de diámetro ecuatorial. Por su parte, la pMF (inmadurez), definida en esta investigación como aquellos frutos que no han alcanzado la MF, previamente descrito, por ser aquellas que poseen todo el epicarpio de color verde y no han alcanzado el tamaño máximo, midiendo todos ellos aproximadamente 6 cm de diámetro ecuatorial. En la Figura 5 se observa las imágenes de frutos en los dos estados mencionados. Las muestras fueron transportadas al laboratorio el mismo día de la cosecha para posteriormente ser acondicionadas.



Figura 5: Fotografías de los frutos de lúcuma en estado previo a la madurez fisiológica (izquierda) y estado de madurez fisiológica (derecha)

Las frutas del mismo árbol fueron analizadas manteniendo los grupos (cuatro árboles) y estados fisiológicos (pMF y MF). Por lo explicado anteriormente se obtuvieron ocho grupos de frutas, llamadas muestras, en el Cuadro 3 se observa la cantidad y peso de las frutas de cada muestra.

Cuadro 3: Cantidad y peso total de los frutos de lúcuma en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Muestra		Número de frutas	Peso total (g)
pMF	A1	10	1059
	A2	8	1797
	A3	6	1310
	A4	8	1608
MF	A1	6	1046
	A2	6	1371
	A3	5	1414
	A4	7	1515

3.5.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS

Las ocho muestras de lúcuma, en estado pMF y estado de MF provenientes de los cuatro árboles, fueron sometidas a un acondicionamiento previo a los análisis. En la Figura 6 se muestran las operaciones unitarias que se realizaron para obtener muestras en fresco y

liofilizadas. Para el análisis de color de la cáscara, se llegó hasta la operación de desinfección. La materia seca, pH, acidez titulable, sólidos solubles y el color de la pulpa se determinaron en la muestra fresca. Para la determinación de azúcares reductores, almidón, pectina y fibra dietaria; metabolitos primarios y actividades enzimáticas se utilizaron muestras liofilizadas. A continuación se describe las operaciones unitarias realizadas:

- **Selección.** La lúcuma cosechada se seleccionó de tal forma que se eliminaron las que se encontraron sin pedúnculo, o las deterioradas, sea por picaduras, quebradas o magulladas.
- **Lavado.** Las lúcumas fueron lavadas con agua con el fin de remover el polvo que se encontró en la superficie.
- **Desinfección.** Se realizó la desinfección sumergiendo las frutas en una solución desinfectante de Cloro libre residual (Clr) entre 2 a 7 ppm por un tiempo de cinco minutos (Canadian Horticultural Council 2012).
- **Pelado.** Se retiraron las cáscaras de las lúcumas manualmente con cuchillos.
- **Cortado.** Se cortó la pulpa de lúcuma en rodajas finas de aproximadamente 3 mm de espesor.
- **Congelación.** Las rodajas fueron congeladas, previo envasado al vacío, a una temperatura de -40 °C, hasta el momento de la liofilización.
- **Liofilizado.** Las muestras se liofilizaron a las condiciones de -50 °C (condensador) y 130×10^{-3} mBar de presión.
- **Molienda y tamizado.** Las muestras liofilizadas se molieron con el objetivo de reducir el tamaño de las partículas de la muestra. El molino posee un tamiz que permite homogenizar el tamaño de estas. El número de tamiz fue 35 y el tamaño de la partícula menor a 500 μm .
- **Embolsado.** Las muestras de lúcuma liofilizadas, molidas y tamizadas se colocaron en bolsas de aluminio.
- **Almacenamiento.** Se almacenaron las muestras de lúcuma a temperaturas de congelación (-40 °C), hasta el momento del análisis respectivo.

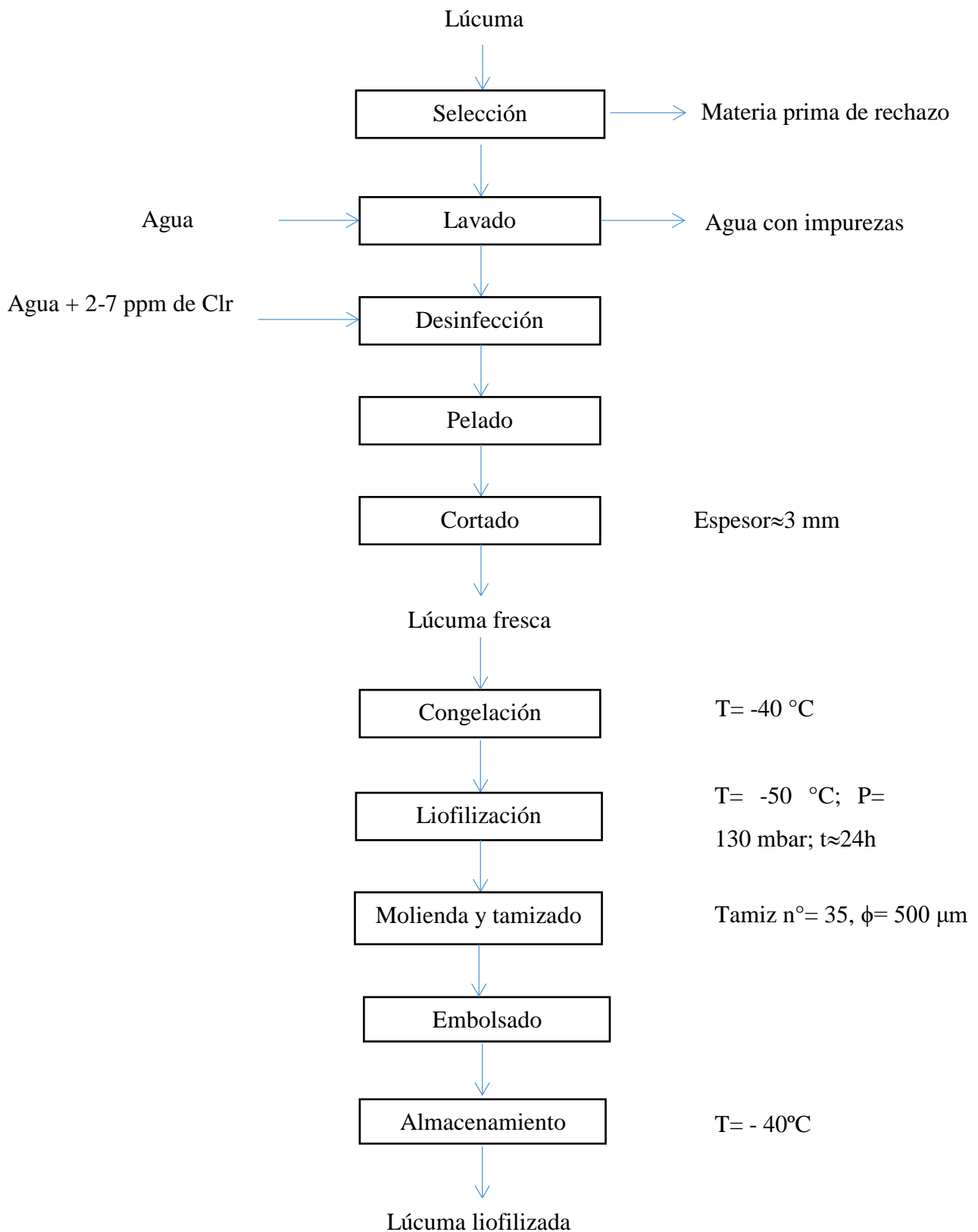


Figura 6: Flujo de operaciones para la obtención de lúcuma liofilizada en polvo

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se siguió fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), considerando a cada árbol como un bloque. La variable independiente o factor en estudio fue el estado fisiológico con dos niveles: el estado previo a la madurez fisiológica y el estado de madurez fisiológica. Las variables respuestas fueron las características físico-químicas, metabolitos primarios y actividades enzimáticas. El diseño experimental se muestra en el Figura 7.

Materia Prima	Estado fisiológico	Análisis		
		Características físico-químicas	Determinación de metabolitos primarios	Actividades enzimáticas
Lúcuma Biotipo “Dos marrón” (11.12 kg, 56 frutos)	Previo a la madurez fisiológica (5.77 kg, 32 frutos): Árbol 1 Árbol 2 Árbol 3 Árbol 4	<ul style="list-style-type: none"> - Materia seca - pH - Acidez titulable - Sólidos solubles - Color (cáscara y pulpa) - Azúcares reductores - Almidón 	<ul style="list-style-type: none"> - Azúcares - Azúcares alcohol - Ácidos orgánicos - Ácido L-ascórbico - Ácidos grasos 	<ul style="list-style-type: none"> - Polifenoloxidasa - Poligalacturonasa - Pectinesterasa - Amilasa total
	Madurez fisiológica (5.35 kg, 24 frutos): Árbol 1 Árbol 2 Árbol 3 Árbol 4	<ul style="list-style-type: none"> - Pectina total - Fibra dietaria (total, soluble e insoluble) - Minerales (Ca, K y Mg) 		

Figura 7: Diseño experimental para la caracterización físico-química, determinación de metabolitos primarios y determinación de actividades enzimáticas en dos estados fisiológicos de la lúcuma (*Pouteria lucuma*)

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis se realizaron por triplicado, que consistió de tres sub muestras independientes, para permitir una adecuada evaluación estadística. Los datos están presentados como la media de tres repeticiones con su respectiva desviación estándar. Los resultados obtenidos se evaluaron mediante un Análisis de varianza (ANVA) para cada una de las determinaciones realizadas. Se consideró un valor $\rho < 0.05$. Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias. Este análisis estadístico se realizó mediante el programa Statgraphics Centurión XV versión 15.2.06.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

4.1.1 CONTENIDO DE MATERIA SECA DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En la Figura 8 (Anexo 4), se muestran los resultados obtenidos en la determinación de materia seca de las muestras de lúcuma fresca en dos estados fisiológicos, previo a la madurez fisiológica (pMF) y madurez fisiológica (MF), provenientes de cuatro árboles; siendo el valor promedio 29.3 y 35.5 por ciento para lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente, resultando un mayor contenido en el estado de MF (Anexo 5). Estos resultados son concordantes al reportado por Reyes *et al.* (2009) con 27.7 por ciento para muestras de lúcuma, pudiéndose deber las diferencias a que posiblemente corresponde a lúcumas de diferente estado fisiológico, origen, biotipo y/o prácticas agronómicas de las seguidas para las muestras empleadas en el presente estudio.

Al respecto, Sánchez-Urdaneta *et al.* (2007) afirman que en plantaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.) de una misma región, se observan diferencias marcadas con relación a las características del fruto, esto explicaría las diferencias entre los resultados de un árbol a otro a pesar de tener el mismo estado fisiológico; los mismos autores también se refieren a que la masa de los frutos pueden variar por el manejo agronómico, debido a que las plantas con excesivo crecimiento vegetativo y poda poco frecuente, conllevan a la presencia de frutos pequeños. Asimismo, Macías (2015) al estudiar el Cauje (*Pouteria caimito*), perteneciente a la familia *Sapotaceae*, demostró la influencia del estado de madurez, época y zona de cosecha en el contenido de materia seca, reportando valores, (en porcentaje) de 11.01 (semi-maduro) y 11.4 (maduro) dependiendo del estado de madurez, de 11.35 a 11.07 cuando el momento de recolección es al inicio o al final de la época de cosecha y de 9.8 a 12.61 entre zonas de cosecha.

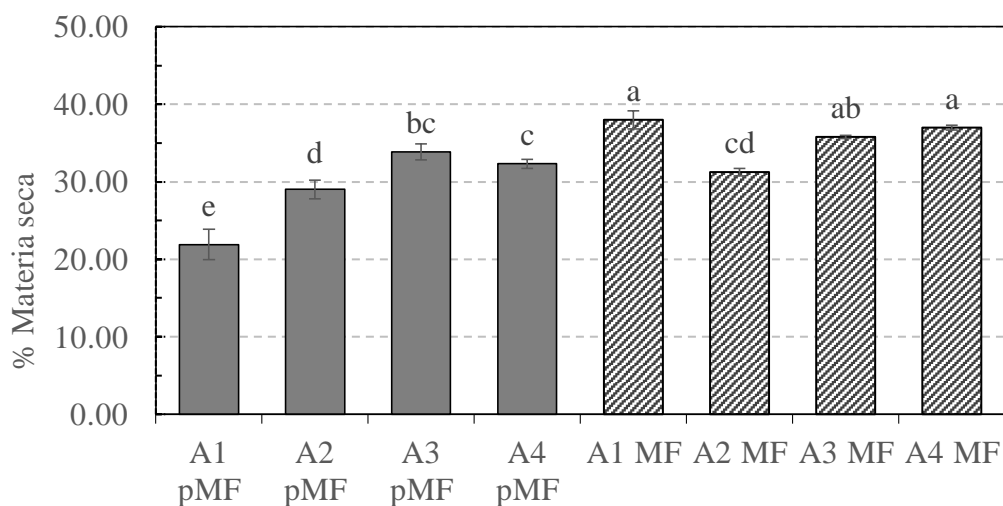


Figura 8: Contenido de materia seca de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Así mismo, en el Anexo 5 se observa que existen diferencias significativas de materia seca entre los dos estados fisiológicos del árbol 1 y 4. Es decir, las lúcumas del estado pMF presentan menor contenido materia seca que las de estado de MF. La misma tendencia la observa Castro (1999) en la lúcuma, durante su desarrollo en la planta, aumenta de 24.95 a 49.93 por ciento y en la maduración post-cosecha de 37.43 a 38.62 por ciento, a una edad inicial de 4 a 4 ½ meses. En frutos más desarrollados de 7 a 7 ½ meses de edad, en la planta la materia seca varía de 38.55 a 46.29 por ciento y en maduración post-cosecha de 39.49 a 41.03 por ciento. Estas respuestas se pueden explicar por el proceso de maduración que sufren las lúcumas, que implica la activación de enzimas como las pectinasas las cuales al degradar los componentes de la pared celular permiten una mayor salida del agua (Badui 2006). En el caso del árbol 2 y 3, no existen diferencias significativas entre los dos estados fisiológicos.

4.1.2 pH DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

Los resultados de la determinación de pH en el extracto acuoso de las muestras de lúcuma, se aprecian en la Figura 9 (Anexo 6), el valor obtenido de pH promedio en ambos estados fisiológicos es 6.2, sin mostrar diferencias significativas (Anexo 7), los valores son similares a lo reportado por Macías (2015) en el cauje, con valores de 5.9 a 6.46 en la fruta semi-madura y de 6.02-6.48, en el fruto maduro.

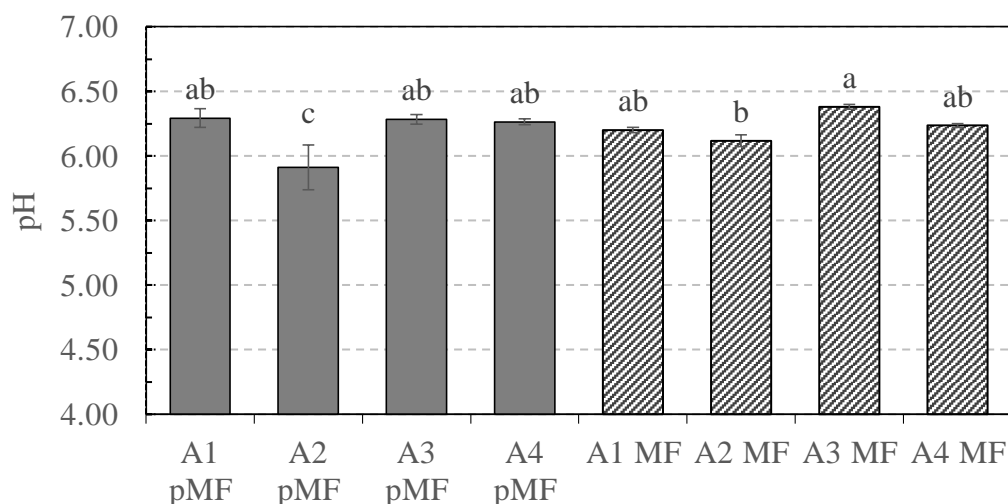


Figura 9: pH de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Además, en el Anexo 7 se observa que para el caso del árbol 2 existe diferencia significativa en el valor de pH promedio, es mayor para las lúcumas en estado de MF que para las de estado pMF. En el caso de la guayaba, Suárez *et al.* (2009) demostraron que la acidez disminuye a medida que avanza el proceso de maduración, con esto concordaría los resultados del árbol 2. Esta reducción puede ser consecuencia de la degradación de los ácidos orgánicos en los procesos de respiración, mecanismo vital que ocurre durante la etapa de maduración del fruto (González *et al.* 2014). En cambio en los árboles 1, 3 y 4 resultaron que no existen diferencias significativas entre los dos estados. Resultados similares fueron reportados por García (2016) quien al almacenar durante cinco días lúcumas en estado de MF, obtuvo un valor promedio de pH de 5.49 y 5.59 en lúcuma seda y Beltrán, respectivamente. Castro (1999) encontró la evolución de pH a través del tiempo durante el desarrollo de la lúcuma de menor edad de 5.65, 5.63, 5.76, 5.69, 5.88, 5.65, 5.87 y 5.78. En la lúcuma de mayor edad obtuvo 5.87, 5.85, 5.89 y 5.81. En la lúcuma este parámetro no muestra una tendencia clara ni un patrón de respuesta que nos permita inferir que el pH serviría como indicador químico en el momento de la cosecha de la fruta. La acidez titulable y pH no se hallan directamente relacionadas dado que el pH depende de la concentración de hidrogeniones libre y de la capacidad tampón del jugo extraído (Wills, citado por Castro 1999).

4.1.3 ACIDEZ TITULABLE DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En la Figura 10 (Anexo 8), se observan los resultados obtenidos de la determinación de acidez titulable de las frutas de lúcuma en dos estados fisiológicos expresados como porcentaje de ácido cítrico, el valor de la acidez en el estado pMF es 0.64 y en el estado de MF es 0.56, siendo este último mayor significativamente (Anexo 9). Se obtuvo que en el estado pMF se tiene una mayor acidez para el caso del árbol 1. Esto se puede atribuir a la pérdida producida por la propia maduración, donde los ácidos orgánicos disminuyen lentamente para la conversión en azúcar (Aranceta y Pérez 2006). Torres *et al.* (2013) al estudiar varias frutas tropicales observaron que el pH y la acidez se ven influenciados por el estado de madurez en todas las frutas evaluadas. Por ejemplo en el mango, maracuyá y papaya, un incremento en el estado de madurez ocasiona un aumento en el pH y una disminución de la acidez titulable, mientras que para el plátano un aumento en el estado de madurez produce una disminución del pH y un aumento en la acidez titulable; en nuestro caso no se observa dicha correlación, excepto para el árbol 1.

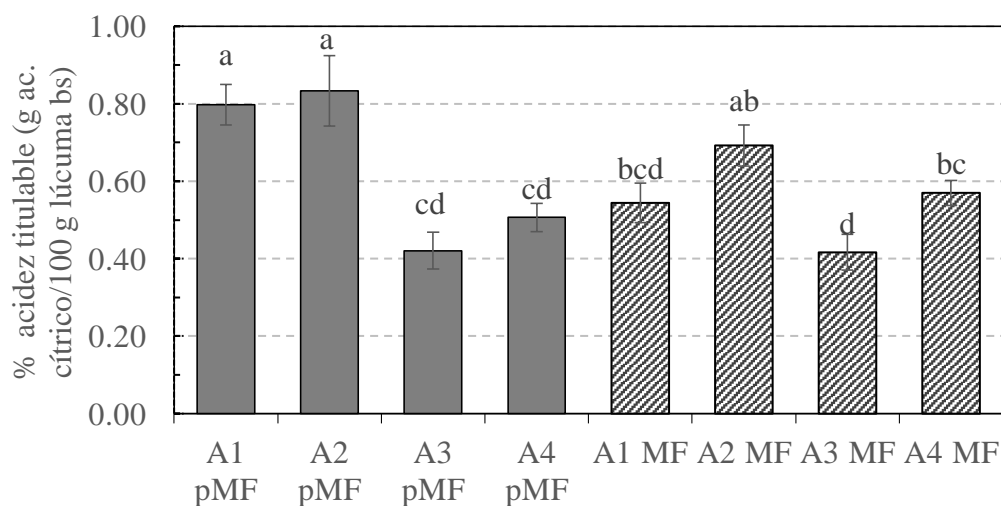


Figura 10: Acidez titulable de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Para el caso de los árboles 2, 3 y 4 no se observó diferencias significativas en el valor de acidez entre los estados de madurez. Esto significaría que no existe una tendencia definida, similar a los resultados de Castro (1999) quien obtuvo valores de acidez en g de ácido cítrico/

100 g de lúcuma de 4 a 4 ½ meses de edad hacia adelante (cada 15 días) de 0.78, 0.82, 0.71, 0.72, 0.65, 0.83, 0.65 y 0.78. En un estado de desarrollo mayor de 7 a 7 ½ meses de edad del fruto los valores de acidez fueron 0.64, 0.81, 0.73 y 0.83. En tanto, García (2016) no encontró variaciones de acidez (% ácido cítrico) durante los 5 días de almacenamiento a los que sometió a dos variedades de lúcuma, pero sí un mayor valor en la variedad seda (0.35-0.37) que en la Beltrán (0.27-0.28).

4.1.4 CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En la Figura 11 (Anexo 10), se muestran los resultados obtenidos el cual en promedio es 16.7 en el estado pMF y 18.2 en el estado de MF, según el Anexo 11 el contenido de sólidos solubles en estado de MF es significativamente mayor al estado pMF. Además se aprecia que los sólidos solubles de la lúcuma de estado de MF sólo del árbol 1 son mayores significativamente que el estado pMF, concordando con la tendencia observada en los valores de acidez. Esto es porque en los procesos fisiológicos, se dan reacciones metabólicas de transformación de sustancias, siendo la hidrólisis del almidón y/o síntesis de azúcares por acción de las enzimas como la amilasa y la oxidación de ácidos consumidos en la respiración (Aranceta y Pérez 2006). Por otro lado, las protopectinas en las paredes celulares se hidrolizan a pectinas solubles y contribuyen al aumento de la concentración de los sólidos solubles durante el proceso de maduración (Prasanna *et al.* 2007).

Así resultó para las frutas tropicales como el mango, maracuyá, papaya y plátano, a medida que incrementa el estado de madurez se presenta un aumento en los sólidos solubles. Este comportamiento en los sólidos solubles, se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular, hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (sobre varias frutas tropicales) que son los constituyentes principales de los sólidos solubles. El mayor aumento en azúcares ocurre cuando el fruto empieza a tornarse amarillo acelerándose la síntesis de estos compuestos hasta alcanzar la coloración muy amarilla (Arrieta *et al* y Barrera *et al.*, citados por Torres *et al.* 2013).

A pesar de lo antes mencionado para el caso de los árboles 2, 3 y 4 no se observan diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles. Al respecto Castro (1999) observó que los

valores de los sólidos solubles de lúcumas de 4 a 4 ½ meses de edad cada 15 días fueron 16.45, 19.04, 17.10, 16.27, 16.55, 15.71, 21.52, 16.33 y 19.23 con una tendencia general creciente, en cambio al dejarlo madurar durante la post-cosecha se da un aumento definido de 29.85 a 33.9. Por otro lado, en frutos analizados de 7 a 7 ½ meses de edad los sólidos aumentan de 16.65 a 24.94, en maduración post-cosecha varía de 32.3 a 39.5. El contenido de sólidos solubles es distinto para cada variedad, procedencia y época de cosecha (Coletto, citado por Castro 1999) de modo que el cultivar lúcumas B-2 de seda procedente de Huaral en estación de otoño registra niveles de sólidos soluble de 22-25 por ciento en frutos recién cosechados en lúcumas con mayor desarrollo y de 39 por ciento en frutos madurados organolépticamente. García (2016) encontró que los sólidos solubles decrecieron al pasar los días de maduración en la variedad Beltrán (25.1, 22.7, 21.7) mientras que en la variedad Seda se mantuvieron constantes (23.9, 23.7, 23.4).

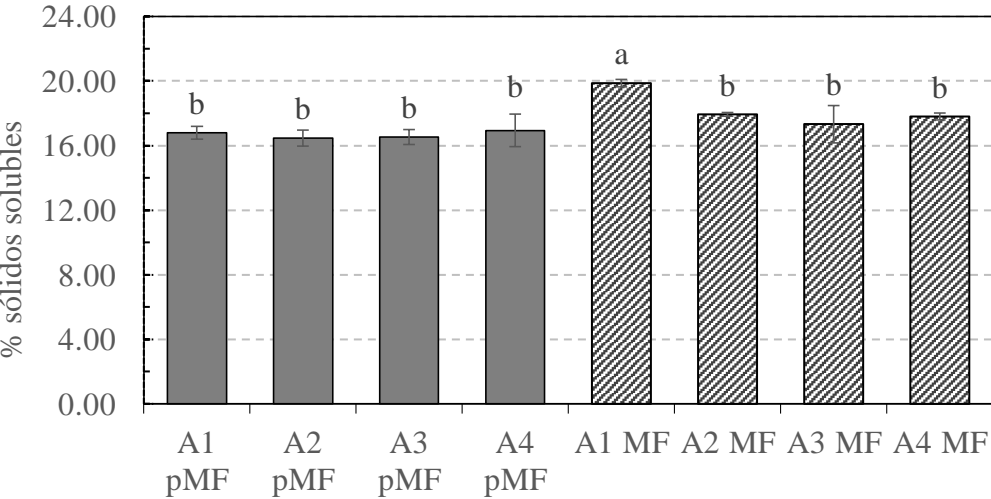


Figura 11: Contenido de sólidos solubles de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

4.1.5 COLOR DE CÁSCARA Y PULPA DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

La determinación de color en las muestras de lúcuma tanto en la cáscara como en la pulpa fue a través de un colorímetro del espacio de color CIELAB. La CIE (Comisión Internacional de la Iluminación) ha desarrollado los sistemas más importantes y más utilizados en la actualidad para la descripción y medición del color (Giese, citado por Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014). Los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen (1) CIE XYZ (2) CIE L*a*b* y (3) CIE L*C*h°. Las coordenadas colorimétricas a* y b* forman un plano perpendicular a la coordenada L* (Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014).

Los resultados obtenidos de color de cáscara se muestran en el Cuadro 4 (Anexos 12). Los valores de L*, que representa la luminosidad o claridad, puede tomar valores entre 0 y 100 que son la gradiente entre oscuridad y brillo máximo, en el caso de la cáscara de lúcuma (Anexo 13) los frutos en estado pMF poseen un valor promedio de 46.7 y en el estado de MF de 56.5, valores cercanos a los reportados por García (2016), quien obtuvo valores de 40 a 50 en lúcuma, los resultados también evidencian que el parámetro L* es significativamente mayor para las lúcumas en estado de MF respecto a las muestras en estado pMF. Al respecto Aular *et al.* (2002), coinciden en encontrar que la edad en la cosecha en maracuyá (*Passiflora edulis*) tiene un efecto sobre las características de color, observándose también que a mayor edad la cáscara de la fruta obtiene mayor valor de L*, desde un valor de 53 para los 55 días de edad del fruto (después de la antesis) a un valor de 78.5 para 75 días de edad.

La diferencia en la luminosidad en los estados fisiológicos se debe a la presencia de cutícula en la superficie del fruto por tener estructuras cristalinas, Tafolla *et al.* (2013) afirman que el grosor de la cutícula aumenta durante el crecimiento de frutos y disminuye en el proceso de maduración. El mismo autor refiere que la cutícula está conformada principalmente de dos tipos de polímeros lipofílicos, cutina y ceras cuticulares, cabe mencionar que las paredes celulares del epicarpio del fruto está cubierta por la cutina y ceras intracuticulares (cristales discontinuos) y sobre ellas otra capa de ceras epicuticulares. La biosíntesis de ceras abarca tres etapas: síntesis *de novo* de ácidos grasos, elongación de ácidos grasos y transporte de monómeros hacia el exterior de la pared celular. Esto indicaría que el incremento de

luminosidad estaría relacionado entre otros factores, al incremento en cera de la cutícula y con ello disminución del contenido de ácidos grasos para su formación.

Cuadro 4: Resultados promedio de los parámetros de color L*a*b*h° y C* de la cáscara de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)**

Muestra	L*	a*	b*	h°	C*	
pMF	A1	39.80±1.37 ^c	-12.11±0.32 ^d	17.79±1.10 ^{de}	124.39±0.94 ^a	21.53±1.09 ^{bc}
	A2	49.00±1.95 ^b	-8.92±0.45 ^c	16.02±1.93 ^{ef}	119.33±2.09 ^b	18.35±1.87 ^{cd}
	A3	48.79±2.48 ^b	-6.46±1.67 ^{ab}	11.85±3.30 ^g	118.69±0.61 ^b	13.49±3.70 ^d
	A4	49.36±1.22 ^b	-6.31±0.70 ^a	13.04±1.50 ^{fg}	115.77±0.58 ^{bc}	14.50±1.64 ^d
MF	A1	57.51±1.11 ^a	-9.40±1.29 ^c	26.88±2.12 ^a	109.47±1.93 ^e	28.53±2.30 ^a
	A2	54.42±2.07 ^a	-9.96±0.15 ^{cd}	22.55±2.22 ^{bc}	114.12±1.84 ^{cd}	24.68±2.09 ^{ab}
	A3	56.27±1.24 ^a	-8.85±0.51 ^c	19.84±1.09 ^{cd}	114.11±1.62 ^{cd}	21.74±1.03 ^{bc}
	A4	57.78±0.37 ^a	-8.68±0.30 ^{bc}	23.60±0.39 ^{ab}	110.40±0.92 ^{de}	25.19±0.27 ^{ab}

** . Promedio de tres grupos de seis repeticiones ± SD. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p <0.05)

Las ceras se sintetizan en células epidérmicas y se secretan sobre la cutícula, la cera cuticular se compone generalmente de una mezcla compleja de compuestos alifáticos de cadena muy larga (por ejemplo, ácidos grasos, alcoholes, alcanos, aldehídos, cetonas y ésteres alquílicos) y cíclicos compuestos (por ejemplo triterpenoides y esteroides) (Jetter *et al.*, citados por Chu *et al.* 2017). La composición química y morfología del cutícula muestran una gran variación entre las especies de plantas, órgano y etapa de desarrollo (Lara *et al.* 2014). Chu *et al.* (2017) reportan cantidades de cera muy variables entre los cultivares de arándano (*Vaccinium spp.*) que van desde 48 µg/cm² hasta 172 µg / cm²; así también, el contenido de cera de 6 cultivares de manzanas osciló entre 366 y 1038 µg/cm² (Belding 1998)

En cuanto al parámetro a*, representa las tonalidades de color rojo cuando toma un valor positivo y verde cuando toma valores negativos, de acuerdo a esto, los resultados en el Cuadro 4 indican, cáscara de color verde sin diferencias significativas, con valores promedio de -8.6 y -8.4 para los estados pMF y estado de MF, respectivamente (Anexo 14). Según Bello (2008) la coloración de un alimento se puede definir por la presencia de pigmentos o

colorantes naturales, que son sustancias que tienen una función biológica muy importante en el tejido, tal como en el caso de la clorofila usada para la fotosíntesis, que se caracteriza por ser de coloración verde y está presente en las frutas. En el Anexo 14, se aprecia que para el caso del árbol 1 el valor de a^* es significativamente mayor en la cáscara del fruto en estado de MF que en el estado pMF, los cambios de color son propios del metabolismo del vegetal, que se manifiesta con la degradación de algunos pigmentos y aparición o afloramiento de otros por aspectos genéticos, fenotípicos y ambientales.

La pérdida del color verde en la cáscara a medida que se da la maduración es por el incremento de la degradación de la clorofila (Pocasangra, citado por Aular *et al.* 2002), esto es lo que posiblemente se dio en el árbol 1. Posiblemente en las muestras estén en una etapa de desarrollo donde se empieza a generar etileno en bajas concentraciones pues se sabe que este gas promueve la degradación de la clorofila durante la maduración del fruto, el mecanismo de degradación de la clorofila implica su conversión a catabolitos incoloros no fluorescentes, como la feofitina y la pirofeofitina (Eskin y Hoehn 2013). Sin embargo, en el árbol 2 no se encontró diferencias significativas de un estado a otro y en los árboles 3 y 4, más bien se observa que los valores en las cáscaras de lúcumas en estado pMF se acercan más al positivo, por lo tanto contienen menos pigmentos verdes, que las muestras en estado de MF. En estos dos árboles se estaría dando una síntesis de clorofila al cambiar de estado fisiológico, el mismo autor refiere que en caso de otro vegetal se encontró que la acumulación de la síntesis de la clorofila ocurre solamente en la oscuridad mientras que la exposición a la luz inhibe la síntesis de la clorofila (a y b) a partir de glutamato. Entonces se puede decir que en general en los vegetales se da un balance de síntesis-degradación de clorofila, pues la presencia de etileno y ausencia/presencia de luz estimularía la síntesis/degradación de clorofila.

La coordenada b^* , cuyos valores representan las tonalidades amarillo y azul, cuando los valores son positivos y negativos, respectivamente, para la cáscara de lúcumas se encuentran con valores de 14.7 para lúcumas en estado pMF y 23.2 para las lúcumas en estado de MF, siendo estas últimas mayores significativamente (Anexo 15) y cercanas al valor de 26.6 y 24.5 de lúcumas Beltrán y Seda, respectivamente a un día de almacenamiento después de ser cosechadas en estado de MF (García 2016). La variación del valor b^* , quiere decir que las lúcumas se tornan hacia tonos más amarillos a medida que cambian de estado, esto es debido a la presencia de carotenoides (carotenos y xantofilas) que proporcionan el color amarillo a

algunos vegetales, constituyen uno de los pigmentos más importantes en las frutas, la concentración de estos compuestos van en aumento con la maduración porque se induce su síntesis (Zapata *et al.* 2007). Los carotenoides se sintetizan dentro del cromoplasto a partir de pirofosfato de isopentilo (Eskin y Hoehn 2013). García (2016) reportó que en lúcuma hay ausencia de α -caroteno y bajo contenido de β -caroteno, atribuyendo a que éstos son rápidamente hidroxilados a medida que la maduración progresa, al punto que casi desaparecen al alcanzar la madurez organoléptica, este proceso parece empezar incluso antes de la madurez de cosecha. Al respecto Fuentealba *et al.* (2016) señalan que las xantofilas son los carotenoides predominantes en lúcuma incluso en la madurez de cosecha.

El conjunto a^*b^* recibe el nombre de cromaticidad y junto con L^* definen el color del estímulo (coordenadas cartesianas o rectangulares); esto corresponde al termino de cromaticidad que no indica explícitamente ni el tono ni la saturación. Este inconveniente se soluciona definiendo C^* (croma) y h° (tono) (Francis y Clydesdale, citados por Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014). El h° , varía entre 0 y 360° , y el C^* normalmente no es mayor a 150, ambos también definen la cromaticidad del color de un estímulo y, junto con el valor L^* , determinan las coordenadas cilíndricas del espacio CIELAB, siendo muy parecidas a las coordenadas del sistema Munsell (Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014).

El tono h° de las cáscaras de lúcuma en estado pMF es 119.5 y en estado de MF es 112.0, correspondiendo todos a tonos alrededor del verde-amarillo con diferencias significativas (Anexo 16) probablemente por la pérdida de tono verde, es conocido que la degradación de la clorofila forma feofitina que implica un cambio de color verde brillante a verde oliva opaco (Eskin y Hoehn 2013). Para diferenciarlos estos tonos requieren acompañarse del Croma o C^* , que para estos casos es 17.0 en lúcumas de estado pMF y 25.0 en estado de MF, estos últimos son similares a los valores de C^* en cáscara de lúcuma de variedad Beltrán y Seda de 26.7 y 24.8, respectivamente, en un estado similar. La diferencia (Anexo 17) entre estados indicaría que a medida que aumenta la maduración habrá mayor saturación o pureza del color o tono amarillo. Lo mismo ocurre con una fruta con tonalidades similares a la lúcuma, el maracuyá, donde el valor de Croma aumenta y el tono h° disminuye, a medida que aumenta la edad (Aular *et al.* 2002). Solarte *et al.* (2010) afirma que el pico climatérico es independiente del viraje de verde a tonalidad amarilla y que la velocidad de cambio de color no depende de niveles excesivamente altos de etileno, esto explicaría la variación de color a pesar de que el estado pMF aún no sintetiza etileno.

El Cuadro 5 (Anexo 18) presenta los parámetros L*, a*, b*, C* y tono h° de la pulpa de las lúcumas en estado pMF y estado de MF. El parámetro L* de la pulpa de lúcumas es 81.2 y 76.2 en estado pMF y estado de MF, respectivamente; siendo cercanos a los valores hallados por García (2016) en lúcumas seda después de un día de almacenamiento partiendo del estado de MF de 72.5. Además los valores de L* de las pulpas de las lúcumas en estado pMF son significativamente mayores que para las de estado de MF (Anexo 19), tiene la misma tendencia de disminución de luminosidad que el sapote (mamey) de 70 a 60 durante la maduración (Díaz-Pérez *et al.* 2000). Según Casas, citado por Díaz-Pérez *et al.* (2000), el oscurecimiento progresivo de la pulpa está posiblemente asociado con la alta concentración de fenólicos en frutas maduras.

Cuadro 5: Resultados promedio de los parámetros de color L*a*b*h° y C* de la pulpa de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)**

Muestra	L*	a*	b*	h°	C*	
pMF	A1	83.75±0.79 ^a	-1.29±1.55 ^d	24.36±2.19 ^c	93.2±4.1 ^a	24.47±2.07 ^c
	A2	80.55±1.52 ^{ab}	2.04±2.77 ^{cd}	41.06±4.28 ^b	87.1±3.7 ^{ab}	41.31±4.30 ^b
	A3	80.67±1.02 ^{ab}	3.50±1.45 ^{bcd}	43.23±2.80 ^{ab}	85.3±2.2 ^{abc}	43.43±2.73 ^{ab}
	A4	79.83±0.92 ^{bc}	3.21±0.94 ^{cd}	44.36±2.90 ^{ab}	85.8±1.4 ^{abc}	44.50±2.83 ^{ab}
MF	A1	76.41±2.98 ^{cd}	10.52±5.37 ^{ab}	48.74±2.57 ^a	77.7±6.7 ^{bc}	50.12±1.21 ^a
	A2	77.82±0.10 ^{bcd}	8.35±1.75 ^{abc}	48.04±1.06 ^{ab}	80.2±2.0 ^{bc}	48.86±1.15 ^a
	A3	74.92±1.17 ^d	9.01±2.07 ^{abc}	46.48±2.35 ^{ab}	79.0±1.9 ^{bc}	47.49±2.58 ^{ab}
	A4	75.56±0.03 ^d	11.32±1.76 ^a	47.83±2.34 ^{ab}	76.7±1.5 ^c	49.19±2.64 ^a

** . Promedio de tres grupos de seis repeticiones ± SD. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p <0.05)

En cuanto a la coordenada a* de la pulpa, para el caso de las lúcumas en estado pMF resulta un promedio de 1.9 y para el estado de MF un promedio de 9.8, valores que han perdido el tono verde y tienden hacia un tono más rojo; esta tendencia coincidiría con el mamey (*Pouteria sapota*) que tiene como color característico, una vez que se encuentra madura, el naranja rojizo (Yahia *et al.* 2011). En el Anexo 20, se observan que los valores de a* para el estado de MF son significativamente mayores que para el estado pMF. Este aumento de

pigmento rojo también está relacionado con los carotenoides que como se mencionó anteriormente, van en aumento al avanzar el estado fisiológico.

Respecto al parámetro b^* , se obtuvo que la pulpa de lúcuma en estado pMF tiene un promedio de 38.3 y en estado de MF un promedio de 47.8, siendo este último significativamente mayor (Anexo 21). El árbol 2, 3 y 4 no presentan diferencias significativas, en el caso del árbol 1, este parámetro es significativamente mayor en el estado de MF que en el estado pMF. Los valores se encuentran alrededor de 45, superiores al mamey, con valor de b^* de 30.31 (Yahia *et al.* 2011); se puede decir que estos valores positivos significan una tendencia al color amarillo. Al respecto Fuentealba *et al.* (2016) afirman que el color de pulpa de la lúcuma amarillo-naranja, está dada por la presencia de carotenoides, que incluyen carotenos y xantofilas. Eskin y Hoehn (2013) indican que durante la maduración de frutas existen cambios de color de verde a naranja o rojo y que está dada por la pérdida de clorofila y la síntesis de carotenoides, de los cuales el β -caroteno es el predominante. En el caso de la lúcuma García (2016) señala que los más predominante son las xantofilas, tales como la neoxantina, violaxantina, zeaxantina e isómeros de luteína.

Respecto al tono h° , en la pulpa de lúcuma en estado pMF es un valor promedio de 87.9 y en estado de MF de 78.4, los cuales son pertenecientes a tonos de amarillo-rojo a amarillo y amarillo rojo, respectivamente (Capilla *et al.* 2002); encontrándose diferencias significativas entre ellos (Anexo 22). Los valores para estado de MF son muy similares a los hallados por García (2016) en lúcuma Beltrán y Seda de 74.5 y 78.2, respectivamente. En el caso del árbol 1, el tono h° de la pulpa de lúcuma del estado pMF es significativamente mayor que para el estado de MF, esto se podría explicar porque durante la maduración el fruto tiende a llegar a un tono rojo-naranja por la progresiva síntesis de carotenoides, los cuales forman parte de coloraciones amarilla, naranja y roja (Diaz-Perez *et al.* 2000, Lock 1997). Sin embargo, en los demás árboles no se encontraron diferencias entre estados. En cuanto al valor C^* , en la pulpa de lúcuma en estado pMF es un valor promedio de 38.4 y en estado de MF de 48.9, obteniéndose que éste último es mayor significativamente (Anexo 23); los valores son cercanos al encontrado por Yahia *et al.* (2011) en mamey de 39.22. En el árbol 1 y 2, los valores de C^* son significativamente mayores para el estado de MF respecto al estado pMF, esto indicaría un aumento en la pureza del color durante la maduración. En los árboles 3 y 4 no se hallaron diferencias significativas respecto a los estados fisiológicos.

4.1.6 CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

Separadas porciones representativas de lúcuma para los análisis físico-químicos de la pulpa fresca, las porciones restantes fueron sometidas a un proceso de deshidratación, la liofilización, con el fin de conservar sus componentes, para realizar los análisis posteriores, tales como características físico-químicas distintas a las previamente analizadas, metabolitos primarios y actividades enzimáticas. Los resultados de materia seca en las muestras liofilizadas se encuentran en el Anexo 24 y se determinaron solo con el fin de expresar los resultados de los análisis en base seca (bs). La materia seca en el liofilizado se encontró en el rango de 96.58 a 99.00 por ciento.

En la Figura 12 (Anexo 25) se muestran los resultados de azúcares reductores expresados en g de fructosa/100 g de lúcuma bs, los valores de lúcuma en estado pMF es 16.4 y en estado de MF es 13.0, siendo significativamente mayor en el estado pMF (Anexo 26). Los resultados de los frutos de los árboles en estado de MF se encuentran dentro del rango obtenido en lúcuma Leiva 1 por Fuentealba *et al.* (2016) de 18.58 ± 13.23 g/100g bs para un estado similar, incluso abarca a las del estado pMF; sin embargo, este valor puede variar por el biotipo, lugar de procedencia, clima, prácticas agronómicas, etc. que caracterizan a las lúcumas en comparación.

Además, en el Anexo 26 se observa que las lúcumas en estado pMF resultan con mayor contenido de azúcares que las de estado de MF, para el caso de los árboles 1, 3 y 4; en cambio en el caso del árbol 2 no existen diferencias significativas. Los azúcares reductores (aldosas y cetosas) están conformados por todos los monosacáridos como la glucosa, fructosa, galactosa, xilosa, etc. y muchos disacáridos, (excepto sacarosa y trehalosa), como la maltosa, isomaltosa, celobiosa, etc. (Badui 2006). Solarte *et al.* (2010) encontraron que en el guayabo, el contenido de glucosa aumentan en los últimos estados de desarrollo del fruto, resultando también que el estado pMF contiene mayor cantidad de azúcar que el estado de MF, atribuye este resultado al intenso metabolismo de glucosa y fructosa principalmente, en este caso usadas para la síntesis de almidón o como sustratos de respiración.

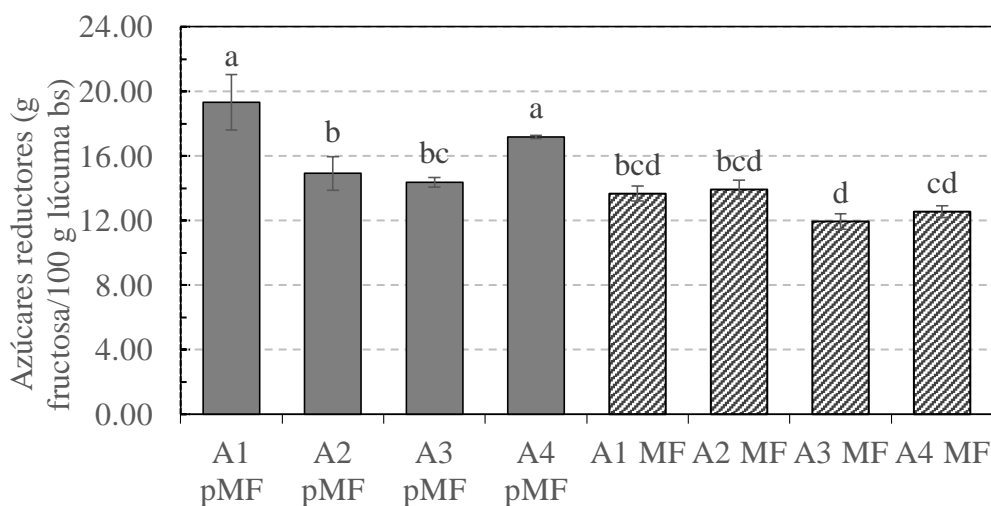


Figura 12: Contenido de azúcares reductores de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

4.1.7 CONTENIDO DE ALMIDÓN DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En la Figura 13 (Anexo 27) se muestra el contenido de almidón, donde se obtiene que el valor medio (en porcentaje) en lúcuma en estado pMF es 22.67 y en estado de MF es 35.73, siendo en éste último significativamente mayor (Anexo 28). Los valores de almidón (g/100 g bs) en lúcuma madura encontrada por Brener (1965) fue 18.17; en la variedad Beltrán 15.6 y en seda 11.7 (García 2016), estos valores son menores a los resultantes en el presente estudio debido a que son frutas en estado maduro organolépticamente, un estado de madurez más avanzado que el pMF y estado de MF.

Según Mesa *et al.* (2016) generalmente las frutas cumplen un patrón típico de acumulación y degradación de almidón. La acumulación inicia después de la etapa temprana del desarrollo de los frutos (división celular). La duración de este proceso varía de acuerdo a la especie frutas, es así como en manzana, fruta climatérica, el almidón se inicia a sintetizar a los 50 hasta los 100-110 días después de la floración donde comienza su degradación. El nivel de almidón en la fruta alcanza un valor máximo durante la fase media del desarrollo de los frutos (elongación celular), donde su última etapa corresponde la maduración fisiológica y luego es casi completamente degradado con un aumento simultáneo de azúcares,

correspondientes a la fase de maduración organoléptica del fruto. En cuanto al inicio de la descomposición del almidón de frutas, algunos autores han señalado que esta etapa coincide con el pico de respiración. En la maduración post-cosecha u organoléptica del sapote el almidón se hidroliza a monosacáridos, glucosa y fructosa especialmente; ello exige una gran cantidad de energía, por ello la maduración se caracteriza por un aumento en la respiración (Díaz-Pérez *et al.* 2000).

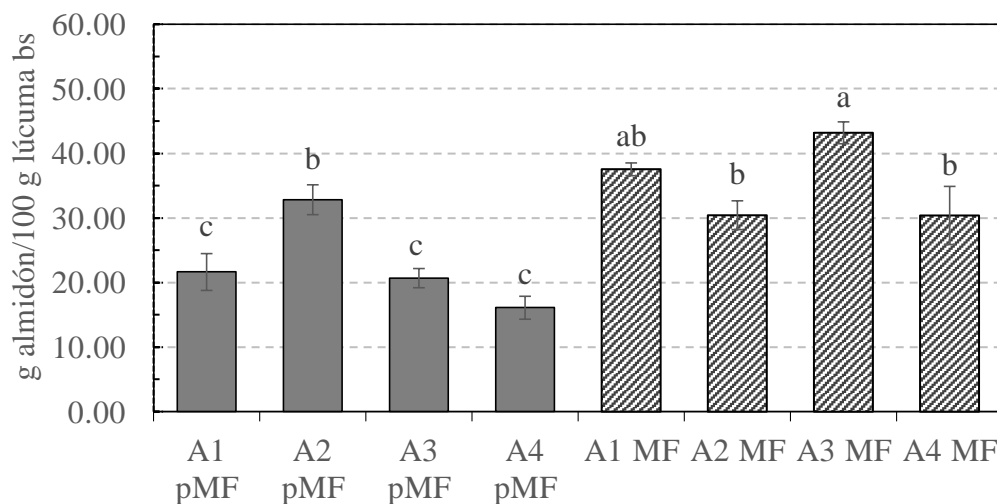


Figura 13: Contenido de almidón de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En el Anexo 28 se observa que para el caso del árbol 1, 3 y 4 el contenido de almidón en el estado de MF es mayor al estado pMF, Azcón-Bieto y Talón (2008) confirman que el almidón se acumula durante el crecimiento de las frutas, considerando que del estado pMF al de MF el fruto sigue creciendo por la diferencia de diámetros y pesos observados, adicionalmente Klages *et al.* (2001); citado por Mesa *et al.* (2016), encontraron una correlación positiva entre la concentración de almidón y el peso de la manzana. Estos resultados serían concordante con lo observado en azúcares reductores, donde dichos árboles presentan mayor contenido de en el estado pMF; indicando así una relación inversa en el contenido de azúcares reductores y almidón. Durante el período previo a la cosecha, la síntesis del almidón y la degradación del almidón se llevan a cabo simultáneamente con la síntesis neta, una vez que empieza la maduración organoléptica hay una descomposición neta a partir de entonces (Luengwilai y Beckles 2009).

Los azúcares y el almidón se sintetizan en la planta en crecimiento por fotosíntesis. El almidón sirve de reserva energética en las células del reino vegetal, y se encuentran en pequeños corpúsculos discretos que reciben el nombre de gránulos; en el tejido vegetal, éstos ejercen una presión osmótica muy baja, con lo que la planta almacena grandes cantidades de glucosa de manera muy accesible sin romper el balance de agua interior (Badui 2006). El mismo autor sostiene que durante la maduración la relación entre azúcares y almidón es inversa, tal como resultan los valores de este estudio. En el árbol 2 no se encontraron diferencias significativas entre los estados, similar a lo observado en el contenido de azúcares reductores.

4.1.8 CONTENIDO DE PECTINA TOTAL DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En la Figura 14 (Anexo 29) se presentan los resultados de pectina total (sustancias pécticas) expresados en ácido galacturónico, unidad fundamental de las sustancias pécticas (Fennema 2000). Dentro de las sustancias pécticas está la protopectina, que es un polímero del ácido galacturónico no metilado, el ácido pectínico, un polímero del ácido galacturónico metilado (incluye a las pectinas propiamente dichas) y finalmente el ácido péctico, derivado desmetilado del ácido pectínico de cadena corta, que se encuentra en frutas excesivamente maduras (Mendoza y Calvo 2010).

El promedio de pectina total (en g ácido galacturónico/100 g lúcuma bs) fue 3.2 y 1.8, en lúcumas de estado pMF y estado de MF, respectivamente. El estado de MF contiene menores sustancias pécticas que el estado pMF (Anexo 30), esto porque las pectinas se van hidrolizando a compuestos más sencillos, lo que va a dar lugar a una modificación de textura, dando una fruta más blanda, y con ello un aumento en el contenido de sólidos solubles, tal como fue observado en el presente trabajo (acápite 4.1.4). La protopectina, que es un macropolímero insoluble, se degrada para dar pectina soluble, la cual se desmetila y despolimeriza por acción enzimática dando compuestos de menor peso molecular, los ácidos pécticos y pectínicos (Hernández y Sastre 1999, Barreiro y Sandoval 2006). Los valores obtenidos son superiores al reportado por Mahattanatawee *et al.* (2006) en mamey de 0.77 g de ácido galacturónico/100g de fruta bh, posiblemente por encontrarse en un estado maduro donde se degrada, diferente a los estados fisiológicos estudiados.

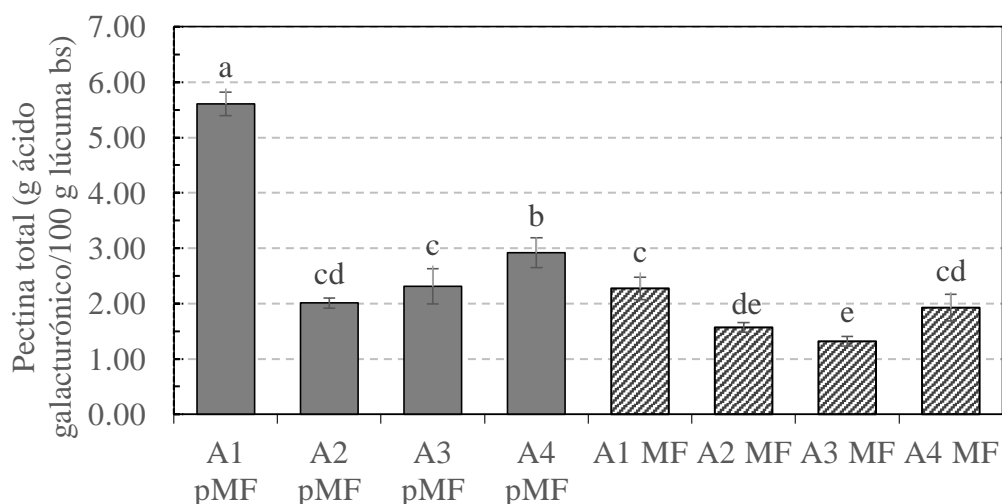


Figura 14: Contenido de pectina total (ácido galacturónico) de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Según Badui (2006) las protopectinas, se encuentran mayoritariamente en los tejidos inmaduros de los frutos y son responsables de su textura rígida. La degradación de pectina se da antes que inicie la maduración, es decir el ablandamiento se da en forma prematura, ocurre cuando la pulpa del fruto está en la transición de color verde a amarillo, antes del pico del etileno y antes que inicie la maduración y aumenta rápidamente cuando se genera el cambio de color del mesocarpio y a medida que el contenido de etileno incrementa (Brummell *et al*, citados por Africano *et al*. 2015).

4.1.9 CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA TOTAL, SOLUBLE E INSOLUBLE DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En la Figura 15 (Anexo 31) se muestran los resultados de fibra dietaria (soluble, insoluble y total) expresados en g/100 g de lúcuma bs. La fibra insoluble (FI) se compone, fundamentalmente, de fragmentos de las paredes celulares que contienen celulosa, lignina y hemicelulosa; la fibra soluble (FS) por su lado contiene, mayoritariamente, polisacáridos no-celulósicos tales como pectina, gomas y mucilago (Dreher 1999). Los valores promedio de fibra total (FT) es 20.6 y 17.8 g/100 g bs; la FI es 19.4 y 15.0 g/100 g bs y la FS 1.2 y 2.8 g/100 g bs; para lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente, existiendo en todos los casos diferencias significativamente entre los dos estados fisiológicos (Anexo 32,

33 y 34). Estos valores son similares al contenido de fibra en mamey, con valores de 21.5, 19.13 y 2.37, respectivamente (Moo-Huchin *et al.* 2014) manteniéndose la relación de contener una mayor proporción de FI. Glorio *et al.* (2008) caracterizaron frutas tropicales del Perú, entre ellas a la lúcuma Seda y Palo; encontraron valores (en porcentaje) de FS de 3.88 y 4.06, respectivamente; y FI de 38.59 y 31.66, respectivamente, resultando superiores a las muestras estudiadas.

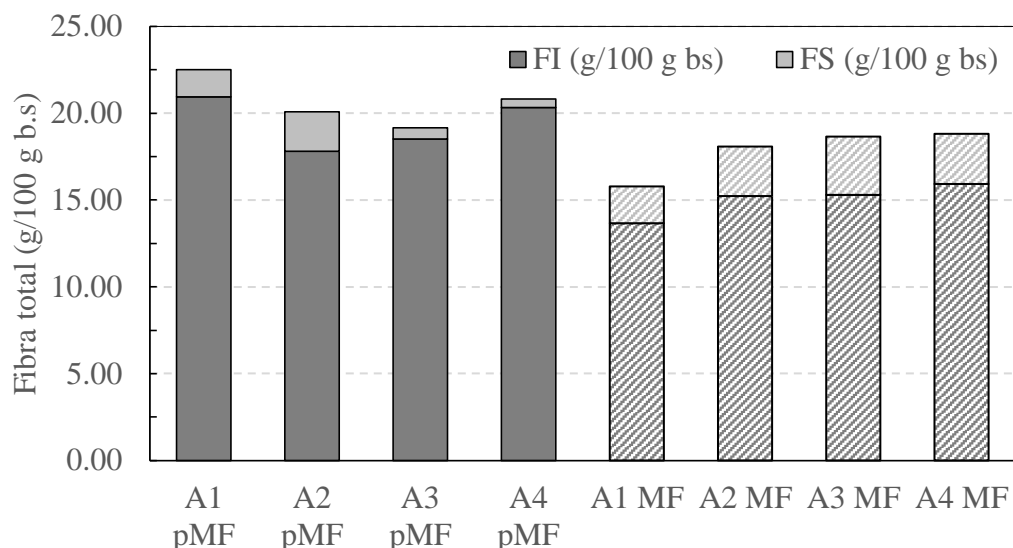


Figura 15: Contenido de fibra dietaria total (FT), fibra dietaria insoluble (FI) y fibra dietaria soluble (FS) de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Respecto a la FI (Anexo 32), existe diferencia significativa en todos los árboles, las lúcumas en estado pMF contiene más FI que en estado de MF, Ceballos y Montoya (2013) encontraron la relación de que la fibra bruta (parte de FI) disminuye durante la maduración, además determinaron una pérdida de lignina, celulosa y hemicelulosa en frutos de palta durante su maduración. Se conoce que durante la maduración se da una degradación de celulosa insoluble a derivados solubles, es poco conocida pero parece implicar a la C1-celulasa. Existe actividad de esta enzima durante el crecimiento y maduración de las frutas (Eskin y Hoehn 2013, Abeles y Takeda 1990).

En cuanto a la FS en el Anexo 33 se evidencia que existen diferencias significativas en el árbol 3 y 4, resultando tener mayor contenido en las lúcumas en estado de MF que en las de estado pMF, esto estaría relacionado con el ítem anterior, con la conversión de protopectina a sustancias pécticas solubles, que incluyen a la pectina, por lo que se aumentaría la porción soluble, en cambio en los árboles 1 y 2 no hay diferencia significativa. En el Anexo 34 se muestran las diferencias significativas de la FT para el caso del árbol 1, siendo mayor el pMF; en cambio para los árboles 2, 3 y 4 no existen diferencias significativas en ese valor. Según la FAO (2000) a medida que se da la maduración de las frutas se da una reducción de la fibra, concordando con los resultados, además que en su mayoría está conformada por fibra insoluble y tiene tendencia a disminuir.

4.1.10 CONTENIDO DE MINERALES (K, Ca y Mg) DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En el Cuadro 6 se presentan los resultados del contenido de minerales (K, Ca y Mg) en las muestras de lúcumas de dos estados fisiológicos. Según Liégeois (2012) las frutas tienen como ventaja nutritiva su riqueza en sales minerales y el elemento predominante es el potasio, seguidas del calcio y magnesio en menor proporción, esta tendencia es igual a la obtenida en las muestras estudiadas provenientes de los cuatro árboles de lúcumas. Alia-Tejacal *et al.* (2007) refieren que el valor de K en mamey es 0.226 por ciento, un valor menor al obtenido en las lúcumas de 1.05 y 0.99 por ciento en estado pMF y estado de MF, respectivamente, sin presentar diferencias significativas (Anexo 35). Se observa que el contenido de K en las muestras son mayores respecto a los demás minerales y en general el estado pMF contiene ligeramente mayor valor que en el estado de MF. Según Molina (2006) el K juega un papel esencial en muchos procesos fisiológicos del crecimiento vegetal, pues cumple una función importante en la fotosíntesis, como activador de muchas enzimas, en la síntesis de proteínas, en el metabolismo de la planta y la translocación de productos asimilados (fotosintatos) hacia los tejidos de almacenamiento.

El calcio es parte de la pared celular, formando a los pectatos de Ca (unión Ca con los ácidos pécticos) en la lámina media que actúan como agentes cementantes que incrementan la adhesión entre células dándoles una mejor estabilidad, haciendo la textura del fruto más rígida (Whitman, citado por Molina 2006). El valor de Ca en lúcumas según Reyes *et al.* (2009) es 0.092; según García (2016) de 0.05 y 0.07 por ciento para variedad Seda y Beltrán,

respectivamente, siendo estos últimos valores más cercanos a los resultados obtenidos en las lúcumas estudiadas de 0.08 y 0.06 por ciento, en estado pMF y estado de MF, respectivamente, con diferencias significativas (Anexo 36). El mayor contenido de Ca en frutos estado pMF respecto al estado de MF se explica por lo mencionado anteriormente, puesto que mantiene la integridad de la membrana celular aumentando la rigidez de los tejidos.

Cuadro 6: Contenido de minerales (K, Ca y Mg) de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Muestra		K (% bs)	Ca (% bs)	Mg (% bs)
pMF	A1	1.14	0.08	0.03
	A2	1.04	0.08	0.03
	A3	1.01	0.07	0.03
	A4	1.03	0.07	0.04
MF	A1	0.95	0.06	0.03
	A2	0.98	0.06	0.03
	A3	0.92	0.06	0.03
	A4	1.09	0.06	0.03

El magnesio, al igual que el calcio, está asociado a la pared celular, además el papel más conocido del magnesio es ser el centro de la molécula de clorofila, Mg^{+2} juega un importante rol en el proceso fisiológico de las plantas, principalmente como un cofactor en casi todas las enzimas que activan los procesos de fosforilación. La fosforilación es un proceso fundamental de transferencia de energía que se produce en la fotosíntesis, la glicólisis, el ciclo del ácido tricarbóxico y la respiración (Kirkby y Mengel, citados por Pardede 2005). Alia-Tejacal *et al.* (2007) refieren que el valor de Mg en mamey está entre 0.028 y 0.121 por ciento, rango en el que se encuentran los resultados mostrados, de 0.03 por ciento tanto en lúcumas en estado pMF como en estado de MF, evidentemente sin diferencias significativas (Anexo 37).

4.2 METABOLITOS PRIMARIOS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

4.2.1 CONTENIDO DE AZÚCARES Y AZÚCARES ALCOHOL DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

Los azúcares detectados en la lúcuma en los dos estados fisiológicos (Figura 16), en orden descendente de contenido, fueron la glucosa, fructosa, sacarosa y el azúcar alcohol *myo*-inositol. La Figura 17 (Anexo 38) muestra los resultados de uno de los monosacáridos detectados, la fructosa, expresados en g de fructosa/100 g de lúcuma bs, los valores son 4.4 y 4.7; en estado pMF y estado de MF, respectivamente. Lavado *et al.* (2012) encontraron un valor de 4.7 g de fructosa/100 g de lúcuma madura. Así mismo, se observa que no existen diferencias significativas entre ambos estados madurez de lúcuma (Anexo 39). De la misma forma Ackerman *et al.* (1992) obtienen que en manzanas la fructosa fluctúa alrededor del mismo valor, hasta justo antes de la cosecha, desde entonces repentinamente aumentan en su contenido.

La fructosa participa en la respiración del fruto, Ribas *et al.* (2013) indican que la fructosa se fosforila por la fructoquinasa para formar fructosa-6-fosfato, la cual es fosforilada a fructosa-1,6-bifosfato (intermediario de la glucólisis), que a su vez es oxidada hasta piruvato a través de la vía glucolítica. Este piruvato entra a la mitocondria de la célula donde es oxidado hasta CO₂ por medio del ciclo de Krebs (o ciclo de los ácidos tricarbónicos); finalmente el NADH (coenzima) producido es utilizado por la cadena de transporte electrónico mitocondrial para producir ATP (energía química).

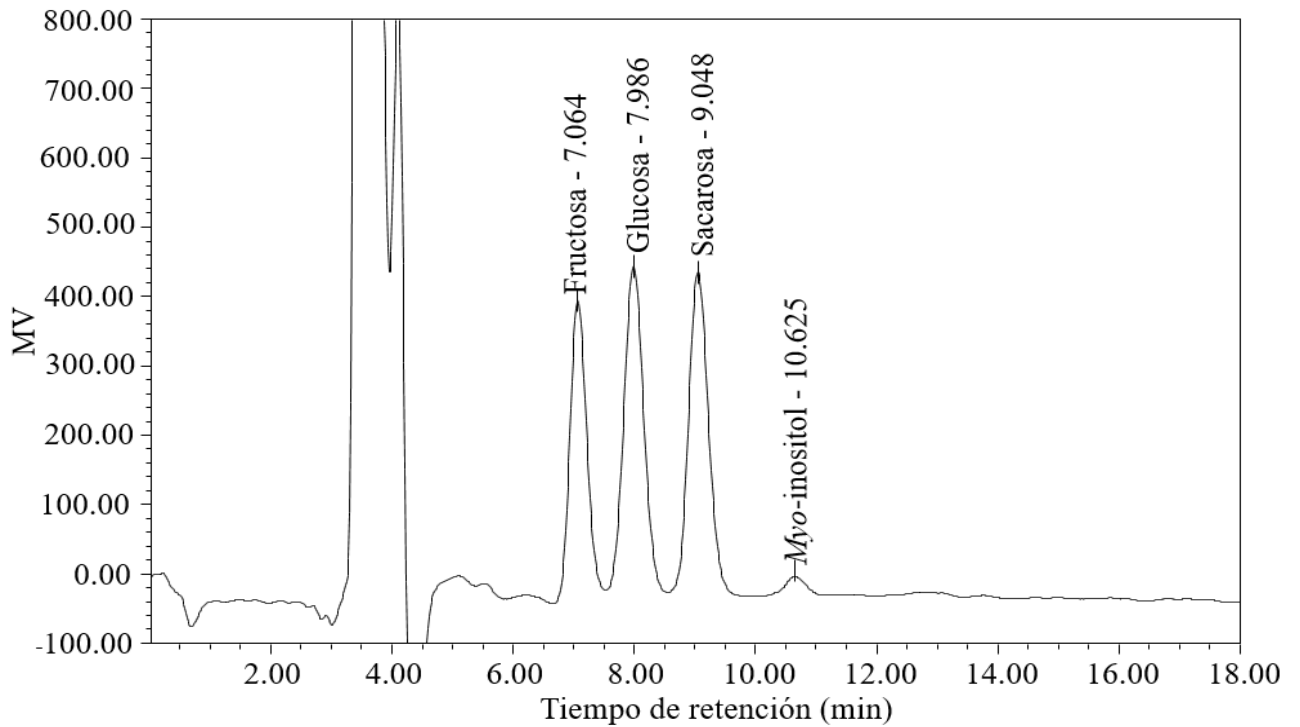


Figura 16: Perfil cromatográfico representativo de los azúcares y azúcares alcohol de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

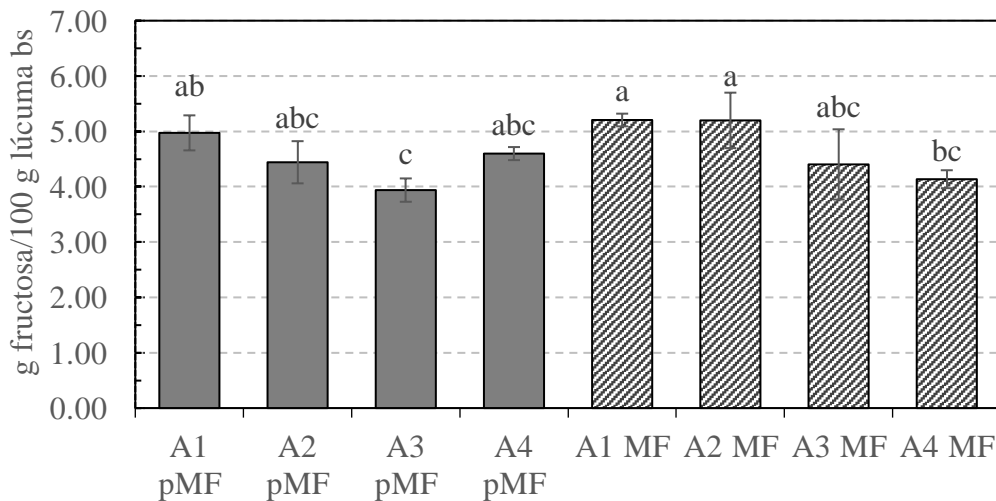


Figura 17: Contenido de fructosa de los frutos de lúcuma en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

El otro azúcar simple identificado fue la glucosa, siendo este superior respecto al contenido de los demás azúcares identificados (Figura 18, Anexo 40), los valores obtenidos fueron 8.5 y 7.2 en lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente, presentando diferencias significativas (Anexo 41). Contenidos de glucosa son cercanos al biotipo de lúcuma Leiva 1, con 5.94 g/100 g bs de glucosa en un estado similar al estado de MF (Funtealba *et al.* 2016). El mismo autor reporta que desde el estado fisiológico de MF hacia el estado maduro el contenido de glucosa aumenta.

Adicionalmente se evidencia que la cantidad de glucosa fue significativamente superior en el estado pMF respecto al estado de MF; en el caso del árbol 1 y 4. En los árboles 2 y 3 se observó que no existen diferencias entre ambos estados. Las tendencias de los cuatro árboles son igual a la obtenida para el contenido de azúcares reductores (ítem 2.1.6). Glew *et al.* (2003) sostienen que existe un aumento repentino del nivel de glucosa en un estado inmaduro seguida de una disminución repentina para un estado semi-maduro, para luego incrementarse a medida que el fruto llega a su madurez de cosecha, siendo así coincidiría con la disminución que se observa hacia el estado de MF.

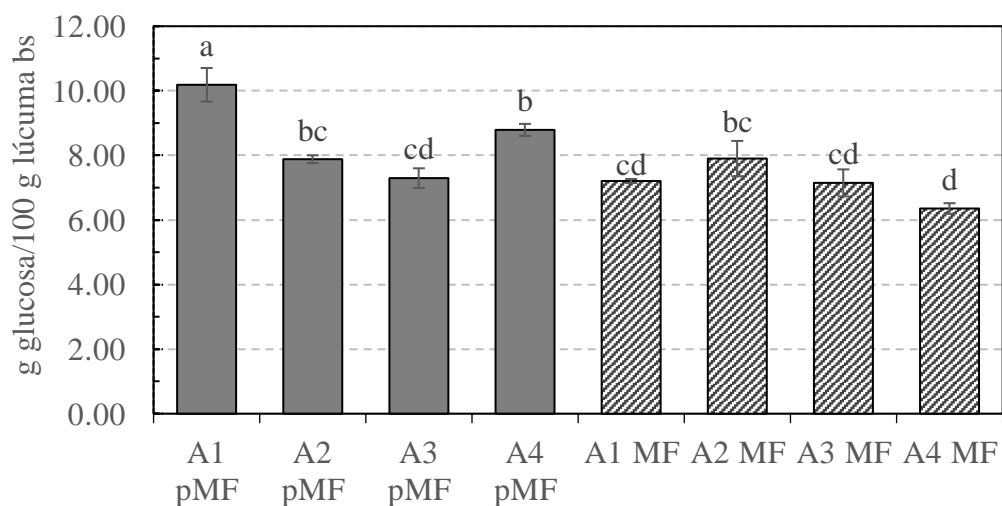


Figura 18: Contenido de glucosa de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

El rápido aumento de la concentración de glucosa al pasar del estado pMF al estado de MF se da por un mecanismo relacionado con la síntesis e hidrólisis del almidón antes del climaterio, originando la disminución de la glucosa para sintetizar almidón, tal como se

observa al comparar la Figura 13 y Figura 18. Además, la fase del climaterio se caracteriza por un periodo de aumento de la respiración durante el cual los azúcares y ácidos se utilizan rápidamente como sustratos en los procesos metabólicos (Ackerman *et al.* 1992). En la respiración, la glucosa sufre una fosforilación a glucosa-6P (por acción de la enzima hexoquinasa), este último se oxida a continuación por glicólisis (ruta Embden-Meyerhoff) o vía pentosa fosfato a triosa fosfato, la cual entra en el ciclo del ácido tricarbóxico a través de piruvato. Finalmente, en una tercera etapa, la fosforilación oxidativa convierte NADH y FADH₂ en energía química en forma de ATP (Eskin y Hoehn 2013).

El siguiente azúcar reconocido en la lúcuma fue la sacarosa, cuyos resultados para ambos estados se muestran en la Figura 19 (Anexo 42), los valores son 5.1 y 4.5, para lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente, sin evidencias de diferencias significativas (Anexo 43). Son similares a los reportados por García (2016) en g/100g bs de 5.76 y 4.80, en lúcuma Beltrán y Seda, respectivamente. También se observa un mayor contenido de sacarosa en el estado de MF con respecto al estado pMF solo en el caso del árbol 1, pasa lo contrario en el caso del árbol 2. En cuanto a los árboles 3 y 4 no se encuentran diferencias significativas en los valores de sacarosa entre los estados fisiológicos.

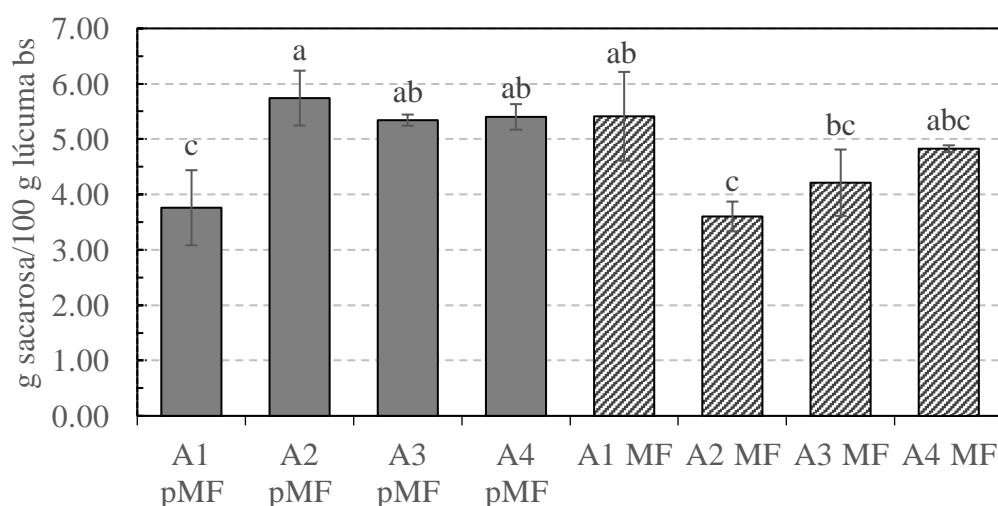


Figura 19: Contenido de sacarosa de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Solarte *et al.* (2010) explican que el intenso metabolismo de los azúcares en los frutos depende de las tasas de translocación de asimilados hacia el fruto. En las plantas superiores,

los principales productos de almacenamiento son la sacarosa y el almidón. Dado que la fotosíntesis se da principalmente en las hojas de las plantas, se transloca en forma de sacarosa, desde los cloroplastos a través del floema hasta las células en crecimiento en la planta, el fruto en este caso, donde se vuelve a sintetizar en almidón, a esto se debería la acumulación de sacarosa en el árbol 1, en tanto este incremento está directamente relacionado con el aumento en la actividad de la sacarosa fosfato sintetasa y la disminución de la invertasa.

Respecto al árbol 2, la disminución estaría implicada con la respiración del tejido vegetal o como se mencionó anteriormente a su conversión a almidón, respecto a la respiración tiene como vías principales la conversión de almidón o sacarosa en glucosa 6-P (Eskin y Hoehn 2013). Para dar inicio al proceso de respiración, la sacarosa debe ser inicialmente hidrolizada mediante una de las dos enzimas citosólica: la invertasa para convertirla en fructosa y glucosa (sustratos de respiración) o la sacarosa sintasa para convertirla en fructosa y UDP-glucosa (precursor del almidón) (Ribas *et al.* 2013, Koch 2004).

En la Figura 20 (Anexo 44) se presentan los resultados del azúcar alcohol *myo*-inositol (MI) detectado en las muestras de lúcuma estudiadas, siendo en promedio 0.44 y 0.32 g/100 g lúcuma bs, en estado pMF y estado de MF, respectivamente, con diferencias significativas. Como metabolito, la importancia del *myo*-inositol es primordial para casi todos los sistemas biológicos. Para las plantas, el MI es precursor de muchas moléculas críticas, tales como fosfatidilinositol, miembros de la familia de la rafinosa, hexafosfato de MI (también conocido como ácido fítico, PA) y ácido ascórbico. MI también juega un papel importante en la transducción de signos, la formación de la pared celular, almacenamiento de fosfato, regulación osmótico y antioxidación. Además, datos recientes mostraron que MI y PA, como suplementos dietéticos, eran agentes antioxidantes, hipolipidémicos, anticancerígenos y antidiabéticos afectivos, aunque la PA ha sido considerada tradicionalmente como un antinutriente (Song *et al.* 2016).

El MI es un derivado de azúcar, intermediario activo del metabolismo de los azúcares, se formaría a partir de la D-glucosa-6-P (Ladaniya 2008). Según Lavado *et al.* (2012), la cantidad MI presente en 100 gramos de pulpa de fruta madura deshidratada es 0.06 g, siendo inferior a los reportados. Por otro lado, para el estado de MF los valores son mayores al reportado por Fuentealba *et al.* (2016) de 0.18 g/100g en similar estado. Debido a estos

valores inferiores se puede decir que su contenido resulta mayor en el estado pMF respecto a un estado de mayor maduración, como este caso al estado de MF (Anexo 45).

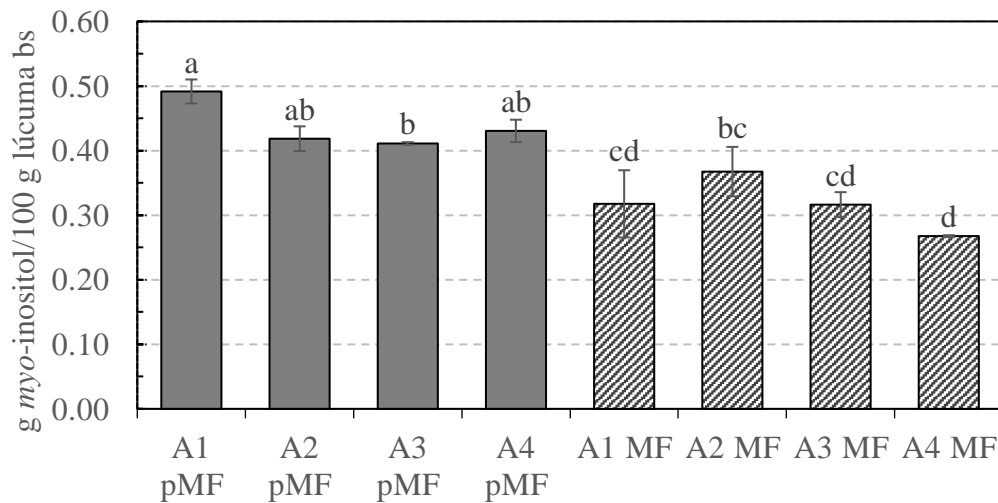


Figura 20: Contenido de *myo*-inositol de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Al igual que los resultados en lúcuma, Song *et al.* (2016) hallaron que el MI en el arándano disminuye a medida que se desarrolla el fruto; atribuyendo a que el MI es precursor hasta cierto punto, del ácido ascórbico. Así mismo, señalan que se ha confirmado que la vía de la L-galactosa es la ruta biosintética predominante para el ácido ascórbico en plantas, donde participaría el MI. Por otro lado, el MI sufre como punto regulador de su homeostasis la catálisis oxidativa dada a cabo por la enzima *myo*-inositol oxigenasa. Provoca una catálisis irreversible a ácido D-glucurónico, el cual es importante como precursor de la pared celular, pues formaría parte de las pectinas, las cuales contienen azúcares ácidos como el ácido glucurónico y el ácido galacturónico (Iglesias 2008).

4.2.2 CONTENIDO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En los frutos, la acidez se atribuye generalmente a la liberación de protones de ácidos tales como cítrico, málico, oxálico, quínico, succínico y tartárico, mientras que la forma de anión aportan cada uno un sabor distinto (Sweetman *et al.* 2009). Los ácidos orgánicos no termolábiles identificados en las muestras de lúcuma estudiadas (Figura 21) fueron el cítrico, quínico, málico, y succínico, donde todos sus contenidos están presentados en las Figuras 22, 23, 24 y en el Cuadro 7 (Anexos 46, 48, 50 y 52).

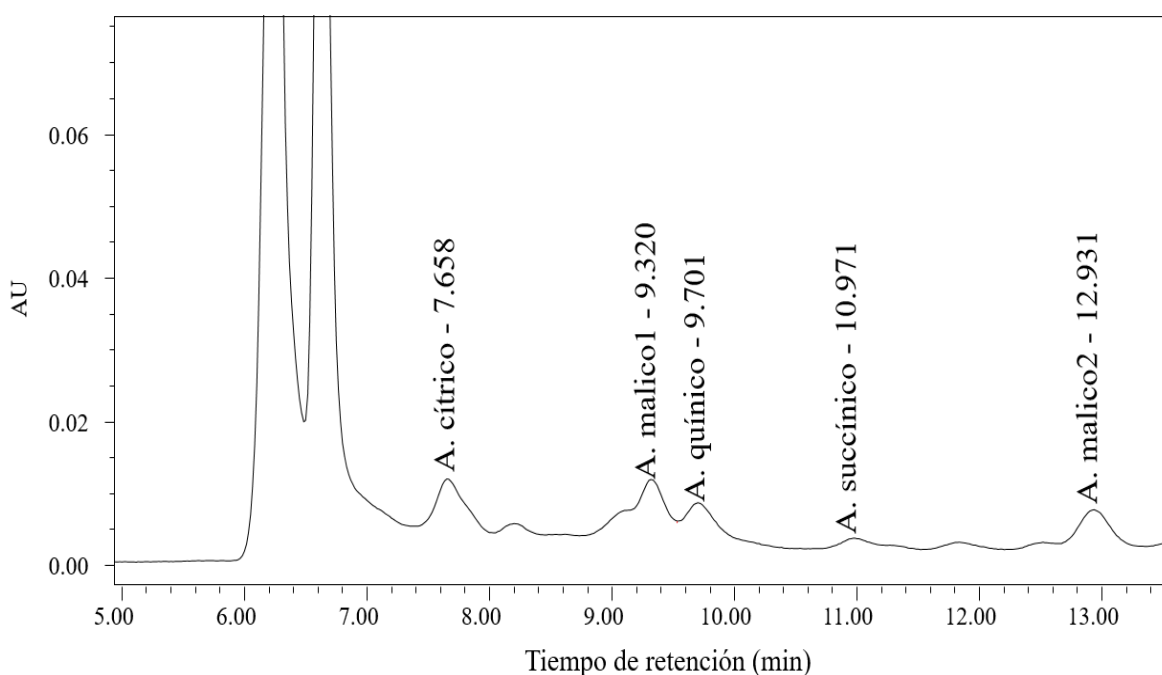


Figura 21: Perfil cromatográfico representativo de los ácidos orgánicos de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Respecto a la Figura 22 donde se observa valores promedio de ácido cítrico en g/100 g lúcuma bs de 0.12 en lúcuma en estado pMF y de 0.11 en lúcuma en estado de MF, sin evidencias diferencias significativas (Anexo 47), García (2016) encontró en lúcuma en estado maduro de variedades Seda y Beltrán valores de 0.2 y 0.3 g/100 g bs de ácido cítrico, respectivamente, siendo superiores al reportado en este estudio.

En el Anexo 47 también se observa que en el árbol 1 hay un descenso de contenido de ácido cítrico del estado pMF al estado de MF, caso contrario sucedió en el árbol 2, según Fuentealba *et al.* (2016) durante la maduración ocurre un aumento, como se observa en el A2, y posterior descenso de este ácido partiendo del estado de MF. La variación irregular de los niveles del ácido cítrico antes del descenso drástico que se da en la maduración probablemente se debe a que se dan reacciones simultáneas de glucolisis, ciclo de Krebs y gluconeogénesis.

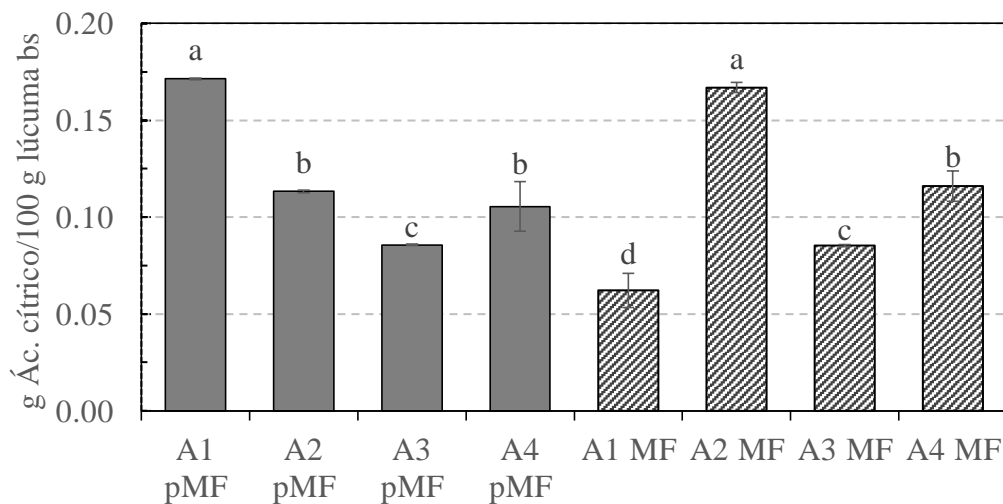


Figura 22: Contenido de ácido cítrico de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

El ácido cítrico está directamente relacionado con la respiración debido a que participa en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (o ciclo del ácido cítrico), se forma a partir de piruvato y oxalacetato; en el ciclo del ácido cítrico es transformado en malato y otra vez en oxalacetato. Por otro lado, dicho ácido está relacionada con la glucosa, debido a que al ser transformado a malato, se convierte en un sustrato que mediante la vía general gluconeogénesis genera glucosa, llamada así cuanto se genera glucosa a partir de sustratos carbonados que no son carbohidratos (Schouten *et al.* 2016). Con respecto al árbol 3 y 4 no se observaron diferencias significativas.

Los valores obtenidos de ácido quínico (en g/100 g en lúcumas) fueron 0.43 y 0.23 para lúcumas en estado pMF y estado de MF, respectivamente, donde se evidencian diferencias significativas (Anexo 49). Los resultados son menores al reportado por García (2016) de 1.4

y 1.5 g/100 g en lúcura madura Beltrán y Seda, respectivamente. En la Figura 23 (Anexo 46), se evidencia un mayor contenido de ácido quínico en el estado pMF para los árboles 1 y 2 respecto al estado de MF; sin embargo, en los árboles 3 y 4 no se encuentran diferencias significativas en los diferentes estados.

Según Ladaniya (2008) la concentración del ácido quínico en las frutas jóvenes es alta, disminuye por su utilización como precursor en la síntesis de ciertos compuestos aromáticos en las plantas. Estos últimos son llamados los compuestos fenólicos, los cuales en las plantas generalmente están conformadas por dos grandes grupos: los flavonoides y los ácidos fenólicos, más sus derivados. Uno de los derivados más importante de los ácidos fenólicos ocurre con el ácido cafeico, el cual, asociado con el ácido quínico y originan al ácido clorogénico (Soares 2002).

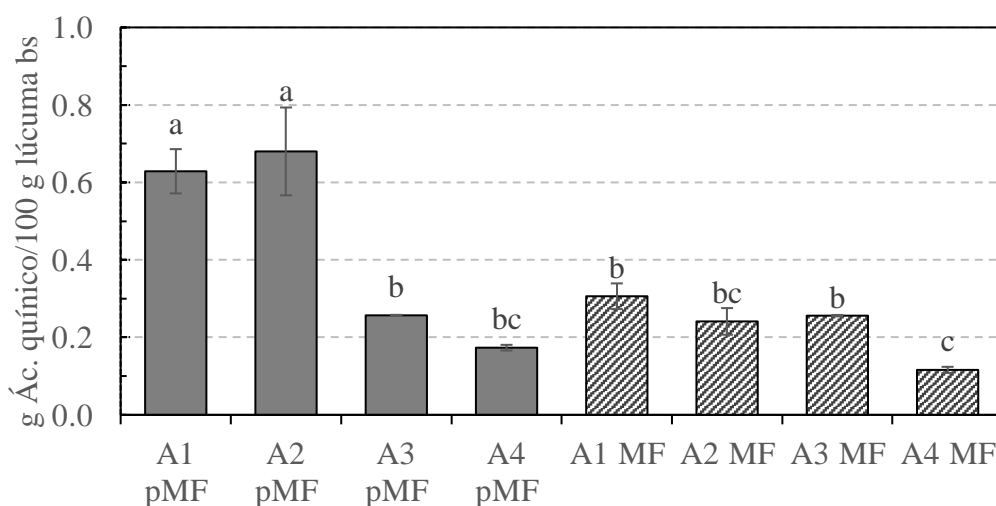


Figura 23: Contenido de ácido quínico de los frutos de lúcura cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

El siguiente ácido identificado fue el ácido málico, cuyos resultados se muestran en la Figura 24. Este ácido es el de mayor contenido en comparación con los demás ácidos en todas las muestras estudiadas, en promedio 0.34 y 0.40 g/100 g lúcura bs en estado pMF y estado de MF, respectivamente, sin presentar diferencias significativas (Anexo 51), ésta característica es similar en otra fruta del género *Pouteria*, el mamey (Alia-Tejacal *et al.* 2007). La cantidad de este ácido en la lúcura Seda en estado maduro (García 2016) fue 0.16 g/100 g, inferior

al encontrado en la presente investigación, posiblemente en las muestras del presente estudio disminuirá de manera similar si alcanzan la madurez organoléptica.

En el Anexo 51 se observa también que en el árbol 1 el contenido de ácido málico es mayor en el estado pMF respecto al estado de MF, lo contrario pasa en el árbol 2; sin embargo, en el árbol 3 y 4 no existen diferencias significativas. Balaguera-López y Herrera (2012) encontró que el fruto de Champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P. Familia Myrtaceae), durante su crecimiento llega a un contenido alto a 54 días después de la floración para luego disminuir, similar a lo ocurrido en el árbol 1.

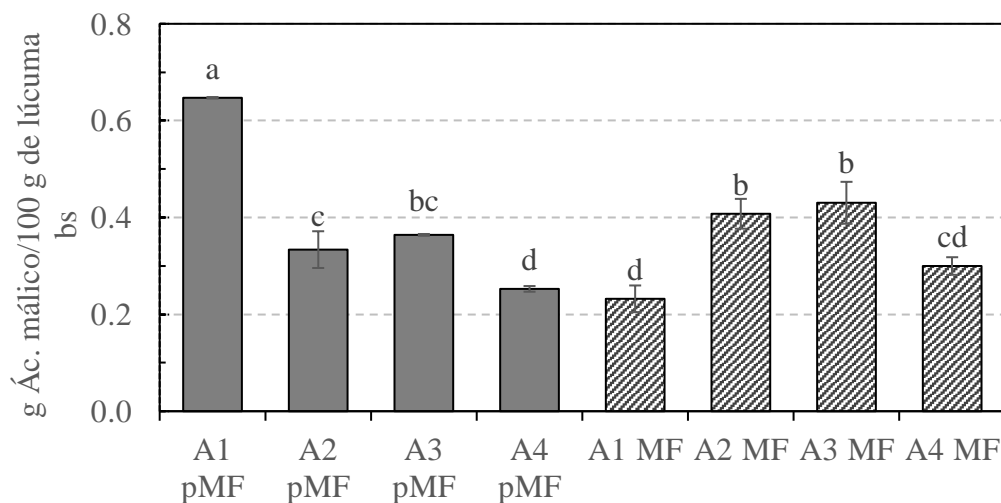


Figura 24: Contenido de ácido málico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Su disminución puede relacionarse con varias rutas incluidas el ciclo de Krebs y respiración, gluconeogénesis (forma glucosa o fructosa), interconversión a aminoácidos, fermentación y la producción de compuestos como las antocianinas u flavonoles. Con la acumulación de azúcares y la inhibición de la glucólisis en la maduración de malato es probable que una fuente vital de carbono para estas vías, aunque algunas frutas pueden depender menos del malato y más de la hidrólisis del almidón acumulado como fuente de carbono para la biosíntesis y el metabolismo energético durante la maduración (Sweetman *et al.* 2009).

En cuanto al árbol 2, la acumulación observada de este ácido se da principalmente a través del catabolismo de los azúcares (asimilados translocados de los tejidos foliares) que han sido

trasladados al fruto, pero también potencialmente a través de actividad fotosintética dentro las células de la propia fruta, aunque son menos capaces de fijar el CO₂ que las hojas de las mismas plantas, probablemente debido al menor número de estomas, y a la estructura de los tejidos y cloroplastos (Sweetman *et al.* 2009). En la glucólisis el fosfoenolpiruvato es directamente convertido en piruvato; sin embargo, puede alternativamente producir ácido málico a partir del fosfoenolpiruvato a través de las actividades fosfoenolpiruvato carboxilasa y malato deshidrogenasa (Givan 1999). Respecto a la asimilación fotosintética, el CO₂ se asimila principalmente como malato (fijación de CO₂ al malato) en las primeras etapas de desarrollo y principalmente como azúcares en los frutos en las etapas iniciales de maduración. Hay acumulación de malato debido a la luz solar durante el día, además se sabe que las actividades fotosintéticas de las frutas es más activas cuando son más jóvenes, debido a que después se reducen los estomas y hay acumulación de cera (Sweetman *et al.* 2009). Finalmente, como se mencionó en el ítem de ácido cítrico también forma parte del ciclo de Krebs, por ello se da una producción y consumo de malato, la forma como anión del ácido málico.

Cuadro 7: Contenido de ácido succínico de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Muestra		g ácido succínico/100 g lúcumas bs
pMF	A1	0.381±0.033 ^a
	A2	ND
	A3	ND
	A4	0.105±0.013 ^b
MF	A1	ND
	A2	0.056±0.001 ^b
	A3	ND
	A4	ND

ND: No detectado. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p <0.05)

En cuanto al ácido succínico, es el de menor contenido en las muestras de lúcuma siendo en varios casos no detectable como se muestra en el Cuadro 7. En promedio se obtuvo 0.12 y 0.01 g/100 g lúcuma bs en estado pMF y estado de MF, respectivamente, además estos valores son menores al reportado por Fuentealba *et al.* (2016) de 0.63 g/100 g en estado de MF. En el Anexo 53 es notable que el estado pMF contiene mayor contenido de tal ácido y hacia el estado de MF desaparece o es mínimo, ante esto Taiz y Zeiger (2002); citados por Balaguera-López y Herrera (2012) afirman que la reducción drástica del contenido ácido succínico puede deberse al incremento de la actividad de la enzima succinato deshidrogenasa, que cataliza el paso de ácido succínico a ácido fumárico para que continúe el ciclo de los ácidos tricarbónicos.

La Figura 25 y 26 (Anexo 54 y 56) muestra el contenido de los ácidos orgánicos termolábiles, el ácido L-ascórbico (AA) y L-dehidroascórbico (DHAA) presentes en los frutos de lúcuma provenientes de los cuatro árboles en estudio, tanto en estado pMF como en la MF. En cuanto al AA los valores (en mg /100 g bs) se obtuvo un promedio de 36.8 para lúcuma en estado pMF y 53.5 para el estado de MF, siendo este último significativamente mayor (Anexo 55) y similares a los hallados por Fuentealba *et al.* (2016), de 47 en lúcuma de variedad Leiva 1 en un estado similar y por García (2016) de 58 en lúcuma seda.

Se puede apreciar que hay una tendencia de aumento del contenido de AA a medida que los frutos alcanzan un mayor grado de madurez. González *et al.* (2014) obtienen estos mismos resultados en frutos de lulo y sugieren que la baja actividad enzimática de la enzima ascorbato oxidasa en los frutos permite alcanzar mayores concentraciones de vitamina C, debido a que ésta es la responsable de la degradación oxidativa del ácido ascórbico en los tejidos vegetales durante los procesos de maduración. La acumulación de AA también tendría relación con la disminución del MI mencionada anteriormente (Figura 19), debido a que el MI es un precursor de la formación AA, por lo tanto estaría siendo usado para su síntesis, vía la ruta de la galactosa, la cual es la predominante en esta biosíntesis. Por otro lado, una vía alternativa es la ruta del D-galacturonato, la cual implica la degradación del componente de la pared celular, pectina, del cual se obtiene ácido D-galacturónico que es convertida a L-galactonato para entrar a la parte final de la vía de la galactosa en forma de L-galactono-1,4-lactona para formar finalmente ácido L-ascórbico (Huang *et al.* 2014); esto se relacionaría con la degradación de pectina que se observa en la Figura 14.

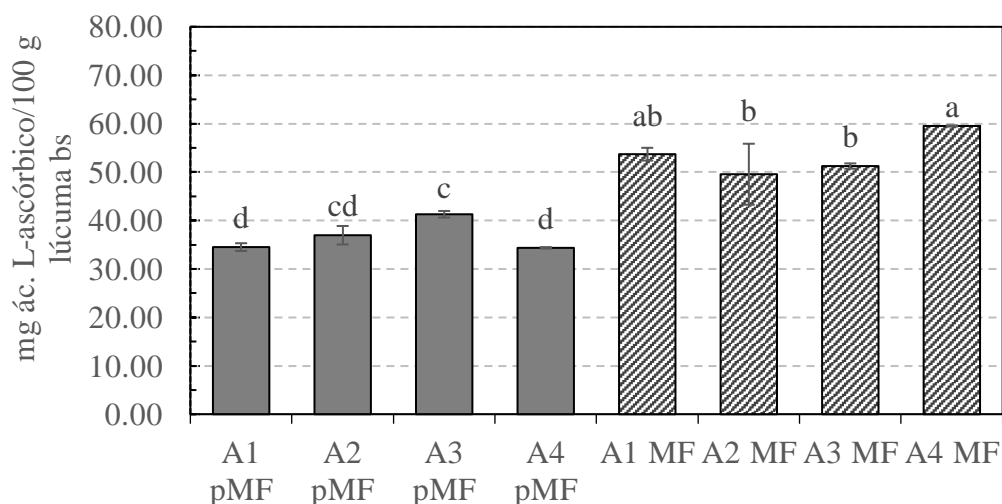


Figura 25: Contenido de ácido L-ascórbico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En el Anexo 57 se muestra el promedio de DHAA (en g/100 g bs) de 8.5 y 3.4, en estado pMF y estado de MF, respectivamente, se evidencia que el contenido de DHAA es significativamente mayor en estado pMF respecto al estado de MF, asimismo ocurre en el árbol 1, 2 y 3. Li *et al.* (2008) encontró esta misma tendencia en manzanas en estados similares y atribuye este cambio a la reducción enzimática del DHAA a AA por acción de la dehidroascorbato reductasa, usando al glutatión como sustrato reductor. Otra vía que pudo tomar el DHAA es oxidarse completamente hasta ácido 2,3 -diketo-l-gulónico, la cual debido a la irreversibilidad de esta reacción pierde la actividad de la vitamina C (Taylor 2007). En cuanto al árbol 4 no existen diferencias significativas entre ambos estados.

La forma más activa de vitamina C, es el ácido L-ascórbico, es una sustancia lábil que se oxida fácilmente al ácido L-dehidroascórbico (su forma parcialmente oxidada), principalmente a través de la actividad de la L-ascorbato oxidasa y la reacción con oxígeno en presencia de iones de metales pesados y luz. Aunque DHAA no exhibe actividad de vitamina C, se ha considerado que su actividad biológica es equivalente al AA porque puede convertirse fácilmente en el cuerpo humano en AA por NADPH o reductasas dependientes del glutatión (Taylor 2007).

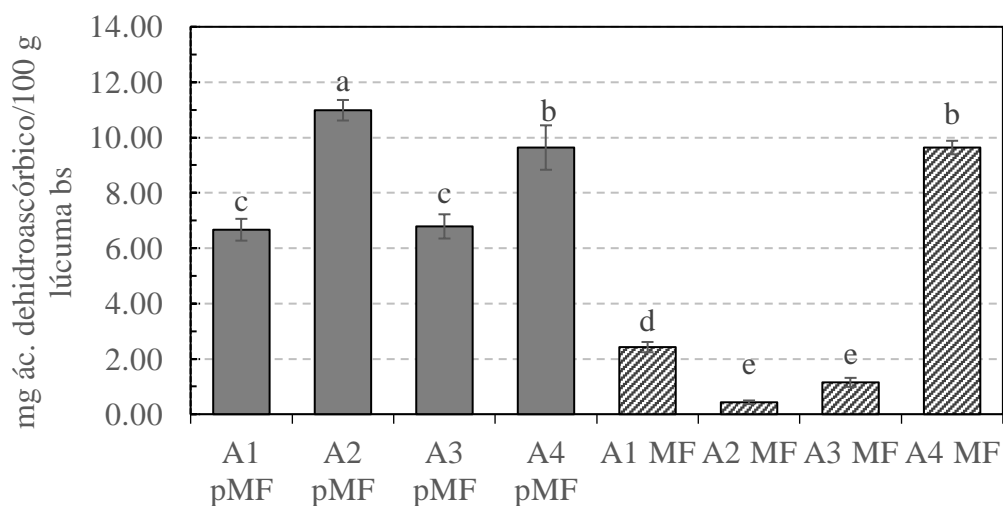


Figura 26: Contenido de ácido L-dehidroascórbico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

El contenido de vitamina C total, se determinó con la suma de la cantidad de AA y del DHAA, los valores promedio (en mg/100 g bs) se presentan en el Anexo 59, 45.3 y 56.9 en lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente, evidenciándose un mayor contenido en el estado de MF.

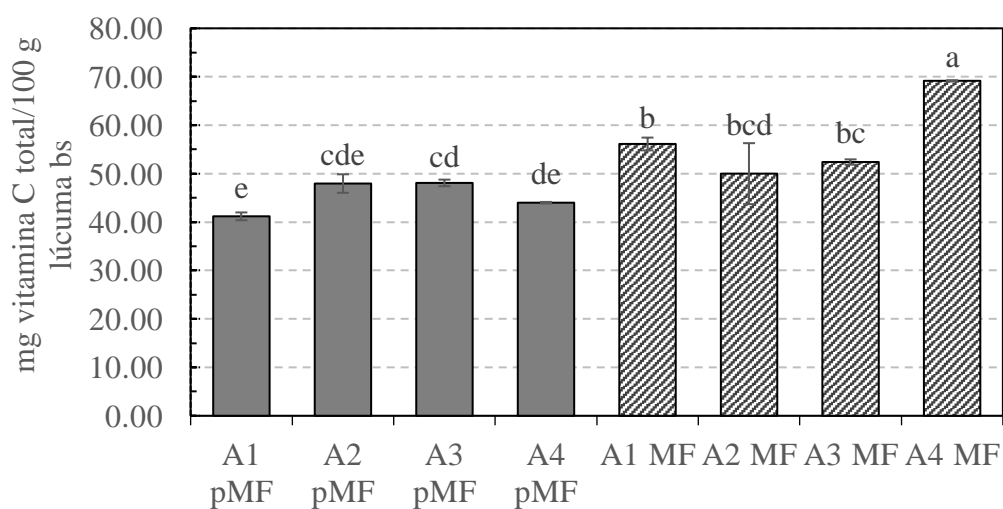


Figura 27: Contenido de vitamina C total de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En general durante la etapa de expansión del fruto, en el cambio de estado pMF al estado de MF (etapa final de expansión), los metabolitos se acumulan en las células, entre ellos la Vitamina C (Ackerman *et al.* 1992). El notable incremento que se observa en la vitamina C total (Anexo 56) se debe a que en su mayoría está compuesta por AA, la cual como se mencionó anteriormente está en aumento.

4.2.3 ÁCIDOS GRASOS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

Los ácidos grasos mayoritarios detectados (Figura 28) fueron los ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico, todos mostrados en la Figura 29, 30, 31, 32 y 33 (Anexos 60, 62, 64, 66 y 68). Estos mismos son los ácidos grasos mayoritarios en pepa de lúcuma (Rojo *et al.* 2010); de igual manera en la pulpa del sapota (*Manilkara achras* L.), perteneciente a la familia *Sapotaceae*, con resultados (en mg 100 g⁻¹ sapota bs) de 4.24 de ácido palmítico, 1.39 de ácido linoleico, 2.60 de ácido oleico, 0.11 de ácido esteárico, 0.24 de ácido linolénico (Sumathi y Shivashankar 2017). Todos estos valores son mayores a los reportados en el presente estudio en lúcuma en estado pMF y estado de MF con valores (en mg 100 g⁻¹ bs) de 1.8 y 1.6 de ácido palmítico, 0.89 y 0.66 de ácido linoleico, 0.94 y 0.77 de ácido oleico, respectivamente, excepto el ácido esteárico con valores de 0.45 y 0.24 en lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente y el ácido linolénico con 3.0 y 2.7, en lúcuma estado pMF y estado de MF, respectivamente, los cuales son superiores.

Al respecto debemos señalar, los ácidos grasos, así como los aminoácidos, son sustratos precursores primarios que participan en la ruta biosintética de los compuestos aromáticos, que están altamente regulados durante el desarrollo del fruto en términos de cantidad y composición; es así que los compuestos aromáticos volátiles en la fruta intacta, se forman a través de la ruta biosintética de la β -oxidación (Mohamed *et al.* 2013). Los compuestos de aromas volátiles que se generan a partir de los ácidos grasos son: los ácidos alifáticos, alcoholes alifáticos, ésteres alifáticos, carbonilos alifáticos, lactonas y oxoácidos (Siegmund 2015).

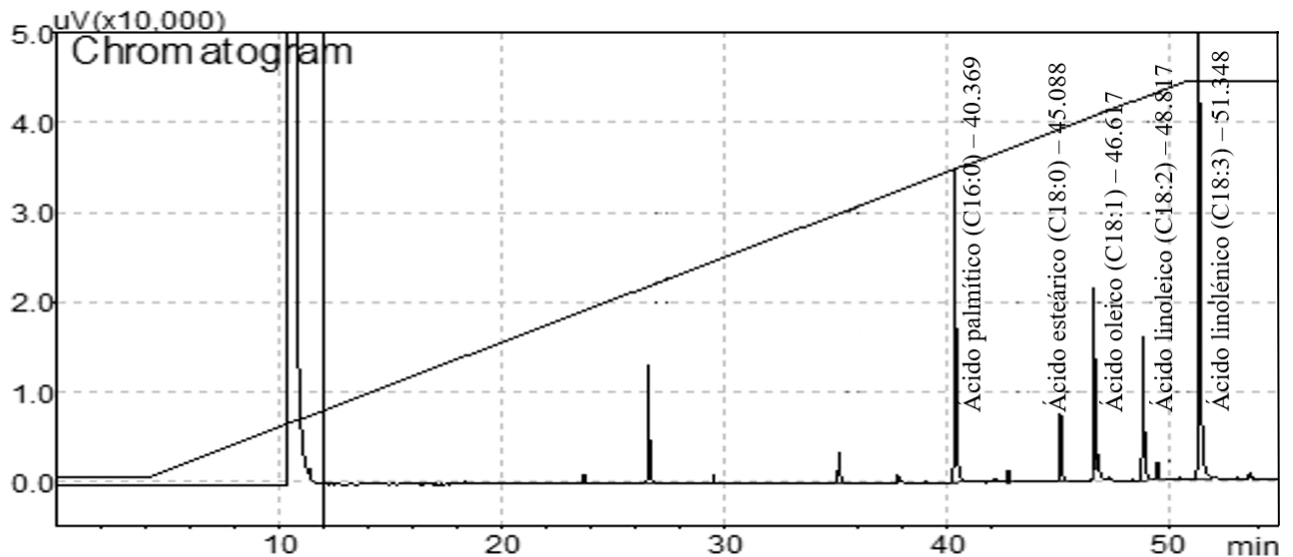


Figura 28: Perfil cromatográfico representativo de los ácidos grasos de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En el Anexo 61, se observa que el contenido de ácido palmítico promedio en lúcuma en estado pMF es significativamente mayor al estado de MF, a pesar que al hacer la comparación por muestra no tiene variación significativa de un estado a otro en cada uno de los cuatro árboles. De manera similar, se observa que en tres variedades de mango, el contenido de ácido palmítico de un estado pMF no hay diferencias significativas, en general a medida que se desarrolla el fruto, previo al climaterio se dan mínimos aumentos y disminuciones del contenido de este ácido, para luego solo incrementarse significativamente hasta la sobre madurez (Deshpande *et al.* 2016).

Antes del climaterio posiblemente se dé un balance de síntesis y degradación del ácido palmítico. En cuanto a la acumulación de este ácido, en general, la biosíntesis de ácidos grasos tiene lugar dentro de plastidios y comienza con la carboxilación de acetil-Coa a malonil-CoA (Sánchez y Harwood, citados por Sakouhi *et al.* 2011), el acetil-CoA proviene de la oxidación del piruvato, por acción de la enzima piruvato deshidrogenasa, obtenido en la vía glucolítica o a partir del ácido málico (Ribas *et al.* 2013). El ciclo procede añadiendo dos carbonos que conducen al palmitato. Este último se convierte en las otras especies ácidos grasos con las actividades de las enzimas elongasa y desaturasa (Harwood 1996), debido a que en lugar de sinterizarse es consumido. Estos ácidos grasos son utilizados por las

aciltransferasas de la vía Kennedy en el retículo endoplásmico para el montaje de triacilglicerolos de almacenamiento (Sánchez y Harwood, citados por Sakouhi *et al.* 2011). En los aceites vegetales, el nivel de los ácidos palmítico y esteárico depende de la actividad de la tioesterasa, la enzima acil-ACP hidrolizada a acil (palmitato o estearato) y ACP (Proteína portadora de estearoil-acilo) (Harwood 1996).

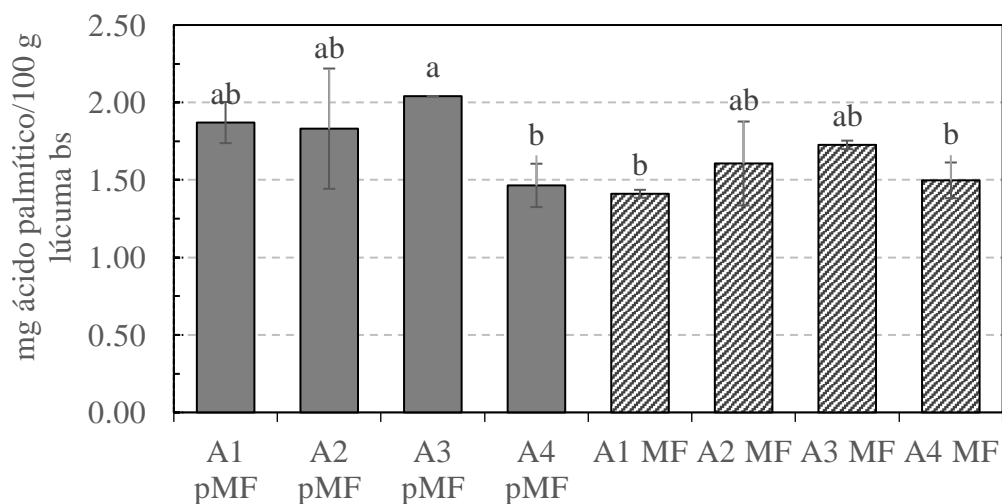


Figura 29: Contenido de ácido palmítico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En el Anexo 60 se observa que el ácido esteárico disminuye significativamente del estado pMF al estado de MF en los cuatro árboles. Deshpande *et al.* (2016) encontró que en el mango se da la misma tendencia de un estado inmaduro hacia la MF. El consumo de este ácido posiblemente se debe a su función de precursor en la síntesis de ácidos grasos insaturados, al respecto Harwood (1996) afirma que los principales ácidos grasos insaturados de la planta se sintetizan por la desaturación aeróbica secuencial de estearato primero en oleato, luego en linoleato y, finalmente, en linolenato; el ácido esteárico proviene a partir del ácido palmítico (Sakouhi *et al.* 2011).

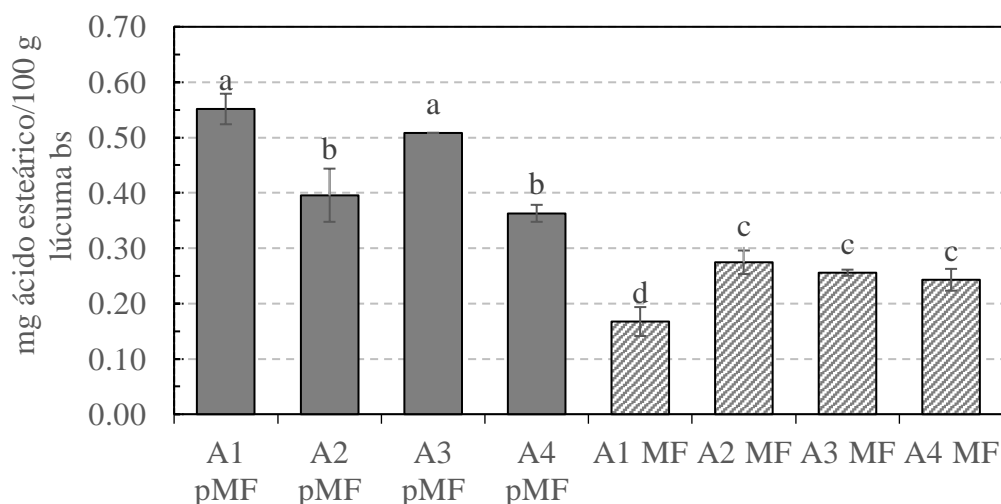


Figura 30: Contenido de ácido esteárico de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En el Anexo 62, hay una disminución significativa de ácido oleico (C18:1) en los promedios del estado pMF al estado de MF. En el análisis por muestra se observa disminución entre los dos estados solo en el árbol 3, en cambio en los demás árboles no se observó diferencia significativa. Según Trabelsi *et al.* (2012) en el desarrollo de la fruta del *Pistacia lentiscus* L. el contenido oleico fluctúa a medida que se desarrolla el fruto, pero tiene una tendencia general de aumento hasta el final de su maduración. Sakouhi *et al.* (2011) indican que la disminución se podría explicar por la conversión de ácido oleico en linoleico por Δ -12 desaturasa, que es una enzima unida a la membrana. Además, que los ácidos oleicos son el sustrato de Δ -12 hidroxilasa, enzima microsomal, que conduce a la formación de ácido ricinoleico. Sobre la acumulación de ácido oleico, según Salas *et al.*, citados Sakouhi *et al.* (2011) se sabe que el ácido palmítico es el principal precursor de biosíntesis de ácido oleico bajo las actividades combinadas de la elongasa y la proteína portadora de estearoil-acil (ACP) Δ -09 desaturasa.

Sobre el Anexo 64, se muestra que el contenido del ácido linoleico (C18:2) disminuye significativamente en los valores promedio del estado pMF al estado de MF, además en el caso de los árboles 1,2 y 3; en el árbol 4 no hay diferencias significativas. Trabelsi *et al.* (2012) encontraron un aumento y disminución sucesiva del ácido linoleico durante el desarrollo de otro fruto.

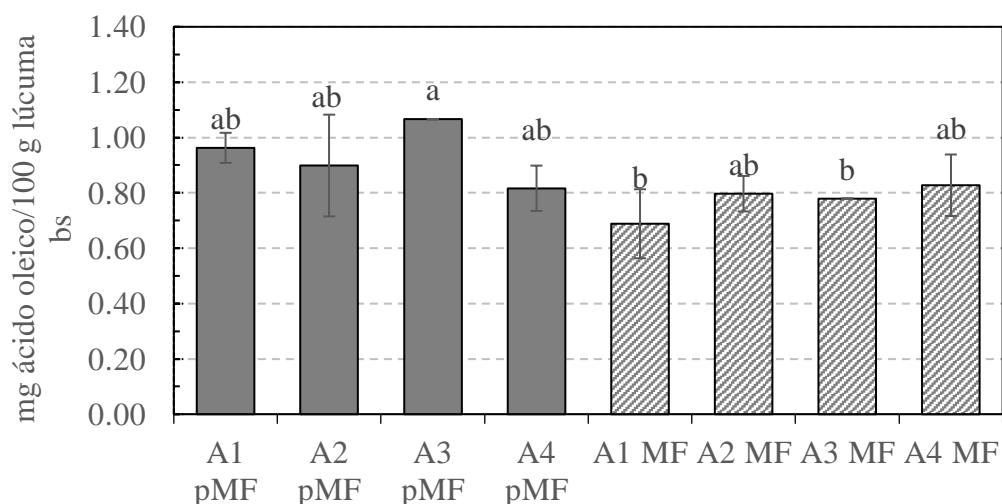


Figura 31: Contenido de ácido oleico de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

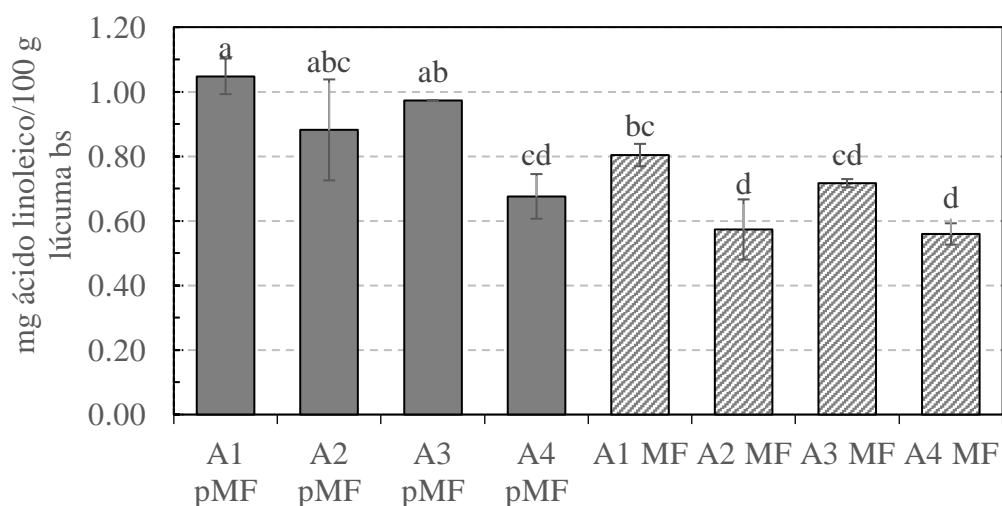


Figura 32: Contenido de ácido linoleico de los frutos de lúcumas cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

Por otro lado, los ácidos grasos también pueden utilizarse como sustratos respiratorios a través de la β -oxidación, obteniéndose acetil-CoA, que puede entrar en el ciclo de Krebs o en ciclo del glioxilato (Ribas *et al.* 2013). Por esta misma vía, β -oxidación, o por la vía de la lipoxigenasa los ácidos grasos C18: 1 y C18: 2 participarían en la producción de aromas. Además de ser nuevamente sintetizados, esta clase de ácidos grasos también podría derivarse

del catabolismo la membrana. Sin embargo, esto es menos probable particularmente con frutas pre-climatéricas cosechadas (Song y Bangerth 2003).

Finalmente, en el Anexo 66, el ácido linolénico muestra que no hay diferencias significativas de su contenido del estado pMF al estado de MF, en promedio y en todos los árboles. En el desarrollo del mango el ácido linolénico fluctúa en un aumento y disminución de su contenido (Deshpande *et al.* 2016). Como se mencionó en el ítem anterior la disminución se da por su consumo como precursor de otros ácidos grasos, o en caso sea requerido para la respiración del fruto; además, los ácidos grasos linolénicos y linoleicos, como ácidos grasos libres o liberados por la actividad de la lipasa y metabolizados adicionalmente por enzimas β -oxidativas y/o lipoxigenasa, se consideran generalmente como los principales precursores de ésteres volátiles, alcoholes y aldehídos producidos por manzanas durante el desarrollo y la maduración (Fellman *et al.*, citados por García-Rojas *et al.* 2016). Respecto a su acumulación, como se mencionó anteriormente proviene de la desaturación aeróbica secuencial de a partir del ácido esteárico.

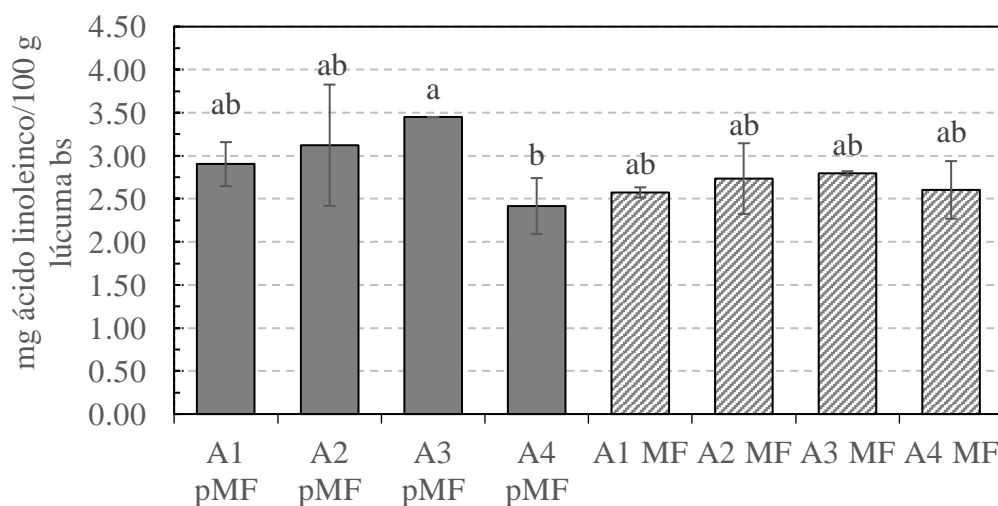


Figura 33: Contenido de ácido linoleico de los frutos de lúcuma cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

4.3 ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS DE LÚCUMA EN DOS ESTADOS FISIOLÓGICOS

En las muestras estudiadas, que corresponden a estados previos a las fases de maduración organoléptica, no se encontraron actividad de la enzima polifenoloxidasas (PPO, por sus siglas en inglés). Baquero *et al.* (2005) afirman que en una primera fase de la maduración organoléptica, a partir de la MF hacia la madurez organoléptica es donde hay mayor metabolismo oxidativo, es decir donde hay mayor actividades enzimáticas que intervienen en la degradación de ácidos orgánicos, lípidos, carbohidratos y proteínas, produciéndose gran cantidad de CO₂, H₂O y energía, traducido a un aumento abrupto en la intensidad respiratoria del fruto. También afirman que recién en una segunda fase se produce un conjunto de reacciones enzimáticas que conducen a la pérdida de la integridad celular, dentro de las cuales se puede destacar las reacciones de pardeamiento, en la que actúan la PPO y peroxidases sobre los fenoles, ocasionando condensaciones y polimerizaciones que generan los colores pardos en el fruto.

En la Figura 34 (Anexo 70) se presenta los resultados de la actividad enzimática poligalacturonasa (PG) en las lúcumas de dos estados fisiológicos. Los valores promedio (en U/100 g bs) son 0.08 y 0.10 en lúcuma en estado pMF y estado de MF, respectivamente, las cuales no muestran diferencias significativas (Anexo 71). Los resultados serían menores a la actividad PG en grosella espinosa (*Physalis peruviana* L.) de entre 0.17 y 0.27 U/g de fruto fresco durante su desarrollo, pues en bs estos valores aumentarían aún más (Majumder y Mazumdar 2002). Sin embargo, también se aprecia que en el árbol 1 hay una disminución significativa de actividad PG del estado pMF al estado de MF, en cambio en los árboles 2,3 y 4 se observa que hay un aumento significativo. En la maracuyá Menéndez *et al.* (2006) determinaron que la PG aumenta considerablemente y alcanza su valor máximo en la semana 9 después de anthesis, luego disminuye y después de la semana 11 vuelve a aumentar, coincidiendo con la maduración del fruto. El máximo mencionado podría ser similar al estado pMF del árbol 1, pues de acuerdo a los resultados anteriores se trataría de un estado más inmaduro respecto a los demás árboles, por ello al aumentar el desarrollo del fruto que se evidencian en los árboles 2,3 y 4, el valor de la actividad PG disminuye; finalmente al alcanzar el estado de MF, frutos de mayor tamaño, la actividad de PG aumenta, pues esta próxima al inicio de la maduración. Balaguera-López y Herrera (2012) afirman que la PG

está relacionada con el rápido crecimiento de los frutos de Champa en una segunda fase de desarrollo, pues esta enzima también puede estar implicada en la expansión celular.

Según Balaguera (2011) la PG junto con la pectinesterasa (PE) son las enzimas con mayor implicación en el ablandamiento de los frutos durante la maduración, siendo esta su principal función, pero además está asociada con la abscisión del fruto que resulta como consecuencia de la disolución de las paredes celulares entre las células adyacentes, está implicada en la dehiscencia de frutos, en la expansión celular durante su desarrollo y otros procesos relacionados con la pared celular. De acuerdo a los resultados esta enzima PG estaría siendo usada para el crecimiento o expansión del fruto principalmente en el del árbol 1; por otro lado, Villarreal *et al.* (2008) afirman que la PG cataliza la modificación de pectinas y el desensamblaje (despolimerización y degradación) de pectinas solubilizadas, esto ocurre en varios estados de desarrollo de la planta, especialmente en aquellos que requieren separación celular. Esta degradación de pectina coincide con los resultados de pectina de la Figura 14. Adicionalmente, la endo y exo - PG hidrolizan enlaces glucosídicos de los poligalacturónicos desesterificados, produciendo una amplia variedad de azúcares y ácidos orgánicos (Balaguera 2011).

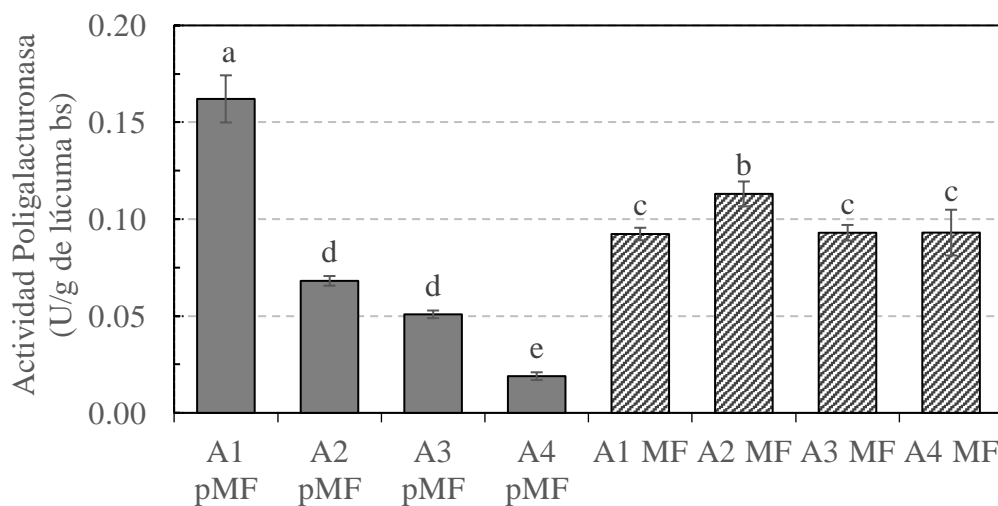


Figura 34: Actividad Poligalacturonasa de los frutos de lúcumo cosechados en estado previo a la madurez fisiológica (pMF) y cosechados en estado de madurez fisiológica (MF) provenientes de cuatro árboles (A1, A2, A3 y A4)

En cuando a la actividad PE no fue detectada en ningún estado fisiológico estudiado. Ketsa *et al.* (1998) afirman que en frutas como el mango o la palta la actividad PE recién se puede

apreciar desde el inicio de la maduración organoléptica, es decir después del estado de MF, probablemente lo mismo ocurre en las muestras, que son previas a este proceso, no se encontró actividad de esta enzima.

En cuanto a las enzimas amilasas (α y β) no se encontró actividad en las muestras, al respecto Eskin y Hoehn (2013) afirman que las enzimas β -amilasa y α amilasa se encuentran durante la maduración, pero la presencia de inhibidores enzimáticos impiden su ensayo durante la fase pre - climatérica, fase donde se encuentran las muestras estudiadas. Estas enzimas están relacionadas con la degradación de almidón, como se observa en la Figura 13, el almidón incrementa, por lo que se justifica que no se pueda detectar alguna actividad de las estas enzimas de degradación, puesto que la relación es inversa, es decir, cuando la actividad amilasa aumenta, el almidón disminuye (Pesis *et al.* 1978). Así también resulto en cerezas en un estado verde inmaduro y verde maduro con una actividad β -amilasa muy baja o nula (María *et al.* 2016).

V. CONCLUSIONES

- Durante la maduración fisiológica de la lúcumá, de un estado previo a la madurez fisiológica a estado de madurez fisiológica, se incrementan significativamente el contenido de materia seca, de un promedio de 29.3 a 35.5 g/100 g bs, el contenido de sólidos solubles con promedios de 16.7 a 18.2 g/100 g bs y se intensifican las tonalidades amarillas en la pulpa con variación del parámetro b* promedio de 38.3 a 47. Por otro lado existe una disminución significativa de acidez titulable de un promedio de 0.64 a 0.56 g/100 g bs y la pérdida de tonos verdes en la pulpa con valores de a* promedio de 1.9 a 9.8. El pH no mostró cambios significativos, con un promedio de 6.2 en ambos estados.
- Al pasar del estado previo a la madurez fisiológica al estado de madurez fisiológica, los azúcares reductores disminuyen de un valor promedio de 16.4 a 13.0 g/100 g bs, mientras el contenido de almidón aumenta de un promedio de 22.7 a 35.7 g/100 g bs. La firmeza del fruto se pierde y está relacionada con la pérdida de fibra insoluble de un promedio de 19.4 a 15.0 g/100 g bs y la pectina total de 3.2 a 1.8 g/100 g bs, además con el aumento de fibra soluble de un promedio de 1.2 a 2.8 g/100 g bs. El contenido de Ca disminuye significativamente de un valor promedio de 0.08 a 0.06 g/100 g bs, mientras el K y Mg no varían, el K posee un promedio de 1.05 y 0.98 g/100 g bs, en el estado previo a la madurez fisiológica y estado de madurez fisiológica, respectivamente y de Mg 0.3 g/100 g bs en ambos estados.
- Según avanza la maduración, de un estado previo a la madurez fisiológica al estado de madurez fisiológica, el contenido de glucosa disminuye desde un valor promedio de 8.5 a 7.2 g/100 g bs y guarda una relación con el incremento de almidón. Respecto al *myo*-inositol, existe una disminución significativa de su contenido desde un promedio de 0.44 a 0.32 g/100 g bs. Por otro lado los valores en estado previo a la madurez fisiológica y estado de madurez fisiológica de fructosa en promedio es 4.5 y 4.7 g/100 g bs, respectivamente y de sacarosa es 5.1 y 4.5 g/100

g bs, respectivamente, ambos azúcares no varían significativamente entre ambos estados.

- Al pasar de un estado previo a la madurez fisiológica al estado de madurez fisiológica se halló una disminución significativa del ácido quínico de un promedio de 0.44 a 0.23 g/100 g bs y el succínico desde 0.12 a 0.01 g/100 g bs. En cambio los ácidos que no mostraron diferencias significativas entre el estado previo a la madurez fisiológica y estado de madurez fisiológica son el cítrico con promedios de 0.12 y 0.11 g/100 g bs, respectivamente y el málico de 0.40 y 0.34 g/100 g bs, respectivamente. El ácido L-ascórbico aumenta desde un promedio de 36.8 a 53.5 mg/100 g bs. Se halló una disminución significativa de los ácidos grasos palmítico de un promedio de 1.8 a 1.6 mg/100 g bs, ácido esteárico de 0.45 a 0.24 mg/100 g bs, oleico de 0.94 a 0.77 mg/100 g bs y linoleico de 0.89 a 0.66 mg/100 g bs. No se encontró diferencia significativa en el ácido linolénico entre el estado previo a la madurez fisiológica y estado de madurez fisiológica, con valores promedios de 2.97 y 2.68 mg/100 g bs, respectivamente.
- La actividad enzimática poligalacturonasa está relacionada con el crecimiento y la firmeza del fruto, no hay diferencia significativa entre los estados previo a la madurez fisiológica y estado de madurez fisiológica con valores de 0.08 y 0.10 U/g bs, respectivamente. Las lúcumas en el estado de madurez previo a la madurez fisiológica y estado de madurez fisiológica, muestran valores de actividad enzimática polifenoloxidasa, pectinesterasa y amilasa total no detectables.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio sobre el contenido de metabolitos secundarios en lúcuma en dos estados fisiológicos: previo a la madurez fisiológica y madurez fisiológica.
- Estudiar la evolución de los metabolitos primarios y secundarios de la lúcuma durante la maduración post-cosecha.
- Evaluar las actividades de las enzimas pécticas involucradas en el ablandamiento de la lúcuma durante la maduración post-cosecha.
- Evaluar el efecto de las condiciones de almacenamiento post-cosecha sobre los metabolitos primarios y secundarios de la lúcuma.
- Realizar un estudio sobre las propiedades funcionales de los compuestos bioactivos de la lúcuma.
- Estudiar métodos de conservación de la lúcuma que permitan preservar sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas (color y aroma) así como sus propiedades funcionales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeles, F; Takeda, F. 1990. Cellulase activity and ethylene in ripening strawberry and apples fruits. *Scientia Horticulturae* 42:269-275.
- Ackerman, J; Fischer, M; Amado, R. 1992. Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (cv. *Glockenapfel*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40:1131-1134.
- Africano, K; Almanza, P; Balaguera, H. 2015. Fisiología y bioquímica de la maduración del fruto de durazno [*Prunus pérsica* (L.) Batsch]. *Revista colombiana de ciencia hortícolas* 9(1):161-172.
- Aguilar-Galvez, A; Guillermo, S; Dubois-Dauphin, R; Campos, D; Thonart, P. 2011. The influence of growth conditions on enterocin-like production by *Enterococcus faecium* CWBI-B1430 and *Enterococcus mundtii* CWBI-B1431 isolates from artisanal Peruvian cheeses. *Annals of Microbiology* 61:955-964.
- Alia-Tejacal, I; Villanueva-Arce, R; Pelayo-Zaldívar, C; Colinas-León, M; López-Martínez, V; Bautista-Baños, S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit. *Postharvest Biology and Technology* 45:285-297.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 2007. Official methods of analysis of AOAC International. Horwitz, W (ed.). 18 ed. Washington, Estados Unidos.
- Aranceta, J; Pérez, C. 2006. Frutas, verduras y salud. Barcelona, España, Masson. 271 p.
- Arellano, F; Olmos, J. 1999. Enzimas amilolíticas microbianas. *Electronic Journal of Biotechnology* 4(3).

- Arrieta, A; Baquero, U; Barrera, J. 2006. Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano ‘Papocho’ (*Musa* ABB Simmonds). *Agronomía Colombiana* 24(1):48-53.
- Aular, J; Ruggiero, C; Durigan, J. 2002. Relación entre el color de la cáscara y las características del fruto y jugo de la parchita maracuyá. *Bioagro* 14(1):47-51.
- Azcón-Bieto, J; Talón, M. 2008. *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2 ed. Madrid, España, McGraw-Hill. p. 577-585.
- Badui, S. 2006. *Química de alimentos*. 4 ed. México, Pearson Educación. 734 p.
- Balaguera, H. 2011. Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto Champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.) y determinación del punto óptimo de cosecha. Tesis Mg. Sc. Cs. Agr. Bogotá, Colombia, UNAL. 138 p.
- Balaguera-López, H; Herrera, A. 2012. Estudio de algunos cambios bioquímicos durante el crecimiento y hasta la cosecha del fruto de Champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P. Familia MYRTACEAE). *Bras. Frutic. Jaboticabal* 34(2):460-468.
- Baquero, L; Castro, J; Narváez, E. 2005. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas en pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*) maduración y senescencia. *Acta Biológica colombiana* 10(2):49-59.
- Baraona, M; Sancho, E. 2000. *Fruticultura General (fruticultura I)*. 2 ed. San José, Costa Rica, UNED. 164 p.
- Barreiro, J; Sandoval, A. 2006. *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Caracas, Venezuela, Equinoccio. 365 p.
- Belding, R; Blankenship, S; Young, E; Leidy, R. 1998. Composition and Variability of Epicuticular Waxes in Apple Cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(3):348-356.

- Bello, J. 2008. Ciencia Bromatológica; Principios Generales de los Alimentos. Madrid, España, Díaz de Santos.
- Bligh, E; Dyer, W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology 37(8):911-917.
- Brener, M. 1965. Ensayo de deshidratación de *Lucuma obovata* H.B.K. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM.
- Campos, D; Aguilar-Galvez, A; Pedreschi, R. 2016. Stability of fructooligosaccharides, sugars and colour of yacón (*Smallanthus sonchifolius*) roots during blanching and drying. International Journal of Food Science and Technology 51(5):1177-1185.
- Canadian Horticultural Council. 2012. On-Farm Food Safety Manual Appendices. Versión 6.
- Capilla, P; Artigas, J; Paujol, J; Luque, M; Malo, J; Matínez-Verdú, F. 2002. Fundamentos de colorimetría. Zaragoza, España, UV. 233 p.
- Cardona. J; Barrera, J; García, A; Cuca, L; Hernández, M; Carrillo, M. 2011. Variaciones fisicoquímicas en el desarrollo de tres morfotipos de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en dos ambientes de cultivo del departamento de Guaviare. Bogotá, Colombia, SINCHI. p. 25-44.
- Castillo, E; Martínez, S. 2007. Manual de fitoterapia. Barcelona, España, Elsevier Masson. 506 p.
- Castro, C. 1999. Evaluación de algunos Índices de Madurez para Cosecha de Lúcumo (*Pouteria lucuma* (R&P) Kuntze) Cv. Lucuma B-2 en el Valle de Chancay Huaral. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM. 139 p.
- Ceballos, A; Montoya, S. 2013. Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(1):103-112.

- Chapman, H; Pratt, P. 1973. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. México, Trillas.
- Chu, W; Gao, H; Cao, S; Fang, X; Chen, H; Xiao, S. 2017. Composition and morphology of cuticular wax in blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits. Food Chemistry 219:436-442.
- Cutillas-Iturralde, A; Zarra, I; Lorences; E. 1993. Metabolism of cell wall polysaccharides from persimmon fruit. Pectin solubilization during fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity. Physiologia Plantarum, 89:369-375.
- Del castillo, R. 2006. Estudio de la producción de harina de lúcuma en la sierra de Piura. Tesis Ing. Ind. Sist. Piura, Perú, UDEP. 114 p.
- Deshpande, A; Chidley, G; Oak, P; Pujari, K; Giri, A; Gupta, V. 2016. Data on changes in the fatty acid composition during fruit development and ripening of three mango cultivars (Alphonso, Pairi and Kent) varying in lactone content. Data in Brief 9:480-491.
- Diaz-Perez, J; Bautista, S; Villanueva, R. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. Postharvest Biology and Technology 18:67-73.
- Dini, I. 2011. Flavonoid glycosides from *Pouteria obovata* (R. Br) fruit flour. Food Chemistry 124:884-888.
- Dreher, M. 1999. Food sources and uses of dietary fiber. Complex carbohydrates in foods. New York, Estados Unidos, Marcel Dekker. 700 p.
- Duarte, O; Paull, R. 2015. Exotic fruits and nuts of the new world. Boston, Estados Unidos, Cabi. 332 p.
- Eskin, N; Hoehn, E. 2013. Chapter 2 – Fruits and vegetables in Biochemistry of foods. 3 ed. Elsevier. p. 49-126.

- Fang, T; Zhen, Q; Liao, L; Owiti, A; Zhao, L; Korban, S; Han, Y. 2017. Variation of ascorbic acid concentration in fruit of cultivated and wild apples. *Food Chemistry*. 28 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, CL). 1987. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Chile, RAPA/AFMA. 100 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 1993. Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Roma, Italia. v. 2, 183 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (en línea). Roma, Italia. Consultado 26 jul. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>.
- FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Organización Mundial de la Salud). 2010. Comisión del Codex Alimentarius. Anteproyecto de norma regional del Codex para la lúcuma. 7 p.
- Fennema, O. 2000. *Química de los alimentos*. 2 ed. Zaragoza, España, Acribia. 1249 p.
- Fuentealba, C; Gálvez, L; Cobos, A; Olaeta, J; Defilippi, B; Chirinos, R; Campos, D; Pedreschi, R. 2016. Characterization of main primary and secondary metabolites and in vitro antioxidant and antihyperglycemic properties in the mesocarp of three biotypes of *Pouteria lucuma*. *Food Chemistry* 190:403-411.
- García, C; Giraldo, G; Hurtado, H; Mendivil, C. 2006. Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banano Gros Michel en diferentes estados de maduración. *Facultad de química farmacéutica, UdeA* 12(2):13-19.
- García, D. 2016. Caracterización de algunos metabolitos primarios y secundarios en dos variedades comerciales de lúcuma (*Pouteria lucuma*). Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, Perú, UNALM. 126 p.

- García-Rojas, M; Morgan, A; Gudenschwager, O; Zamudio, S; Campos-Vargas, R; González-Agüero, M; Defilippi, B. 2016. Biosynthesis of fatty acids-derived volátiles in 'Hass' avocado is modulated by ethylene and storage conditions during ripening. *Scientia Horticulturae* 202:91-98.
- Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor. Turrialba, Costa Rica, Enda-Caribe/Catie. 781 p.
- Gil, A. 2010. Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2 ed. Madrid, España, Medica Panamericana. 812 p.
- Givan, C. 1999. Evolving concepts in plant glycolysis: two centuries of progress. *Biol. Cambr. Philos. Soc.* 74:277-309.
- Glew, R; Ayaz, F; Sanz, C; VanderJagt, D; Huang, H; Chuang, L; Strnad, M. 2003. Changes in sugars, organic acids and amino acids in medlar (*Mespilus germánica* L.) during fruit development and maturation. *Food Chemistry* 83:363-369.
- Glorio, P; Repo-Carrasco, R; Velezmoro, C; Anticona, S; Huaranga, R; Martínez, P; Melgarejo, S; Astuhuaman, L; Huaman, N; Icochea, J; Peña, J. 2008. Fibra dietaria en variedades peruanas de frutas, tubérculos, cereales y leguminosas. *Sociedad Química del Perú* 74(1):46-56
- González, D; Ordoñez, L; Vanegas, P; Vásquez, H. 2014. Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta Agronómica* 63(1).
- González, P. 1991. Determinación de Propiedades termodinámicas de pulpa de Lúcumá (*Lucuma obovata* H.B.K) relacionadas con su congelación. Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, Perú, UNALM.
- Grandtner, M; Chevrette, J. 2013. Dictionary of tree: South America: Nomenclatura, Taxonomy and Ecology. Academic Press. v. 2, 1172 p.

- Harwood, J. 1996. Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta* 1301:7-56.
- Hernández, M; Barrera, J; Melgarejo, L. 2010. Fisiología postcosecha. Colombia, UNAL. p. 167-186.
- Hernández, M; Sastre, A. 1999. Tratado de nutrición. Madrid, España, Díaz de Santos. 1479 p.
- Hesam, F; Taheri, R; Balalim, G. 2015. Evaluation of β -amylase Activity of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) cultivated in Iran. *Islamic Azad University, Science and Research Branch* 5(2):41-48.
- Huang, M; Xu, Q; Deng, X-X. 2014. L-Ascorbic acid metabolism during fruit development in an ascorbate-rich fruit crop chestnut rose (*Rosa roxberghii* Tratt). *Journal of Plant Physiology* 171(14):1205-1216.
- Iglesias, N. 2008. Actividades glicosidasas sobre el xiloglucano de la pared celular de *Arabidopsis thaliana*. Tesis Dr. Biol. España, USC. 146 p.
- Indecopi. 2015. Comisión Nacional contra la Biopiratería: Lúcumá (en línea). Consultado 20 feb. 2016. Disponible en https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/202940/08.-Boletin_N8_LUCUMA.pdf/680d0eb2-a793-4e5f-a96a-9e433e52852d
- Inga, M. 2004. Optimización del deshidratado de 2 biotipos de lúcumá (*Pouteria lucuma* (RyP) Kuntze) usando la técnica de superficie de respuesta. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú, UNALM. 132 p.
- Janick, J; Paull, R. 2008. The Encyclopedia of Fruit and Nuts. London, UK, CABI. 954 p.
- Jiménez, L; Merchant, H. 2003. Biología celular y molecular. México, Pearson Educación. 912 p.

- Kader, A. 2011. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. 3 ed. Estados Unidos, UCLA. 584 p.
- Ketsa, S; Chidtragool, S; Klein, J; Lurie, S. 1998. Effect of heat treatment on changes in softening, pectic substances and activities of polygalacturonase, pectinesterase and β -galactosidase of ripening mango. *Plant Physiology* 153:457-461.
- Ketsa, S; Daengkanit, T. 1999. Firmness and activities of polygalacturonase, pectinesterase, β -galactosidase and cellulose in ripening durian harvested at different stages of maturity. *Scientia Horticulturae* 80:181-188.
- Klimczak, I; Gliszczynka-Swinglo, A. 2015. Comparison of UPLC and HPLC methods for determination of vitamin C. *Food Chemistry* 175:100-105.
- Koch, K. 2004. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7:235-246.
- Ladaniya, M. 2008. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. San Diego, Estados Unidos, Academic Press. 576 p.
- Lara, I; Belge, B; Goulao, L. 2014. The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology* 87:103-112.
- Lavado, M; Yenque, J; Robles, R. 2012. Estudio de rendimiento de harina de lúcuma a partir del fruto fresco. *Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM* 15(1):127-130.
- León, J. 2000. Botánica de cultivos tropicales. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 445 p.
- Li, M-J; Ma, F-W; Zhang, M; Pu, F. 2008. Distribution and metabolism of ascorbic acid in Apple fruits (*Malus domestica* Borkh cv. Gala). *Plant Science* 174:606-612.
- Liégeois, V. 2012. Los Zumos de Frutas y Hortalizas. Una Alternativa para Comer Sano. Barcelona, España, Vecchi.

- Lock, O. 1997. Colorantes naturales. Lima, Perú, PUCP. 274 p.
- López, J; Modrego, A. 1994. La biotecnología y su aplicación industrial en España. España, CSIS – CSIC Press. 269 p.
- Luengwilai, K; Beckles, D. 2009. Starch granules in tomato fruit show a complex pattern of degradation. J. agric. Food Chem. 57:8480-8487.
- Macías, V. 2015. Determinación de las características físico químicas y nutricionales del *Pouteria caimito* (Cauje) de la zona de influencia de la Uteq, considerando estado de madurez, época y zona de cosecha. Tesis Ing. Agroind. Quevedo, Ecuador, UTEQ. 110 p.
- Mahattanatawee, K; Manthey, J; Luzio, G; Talcott, S; Goodner, K; Baldwin, E. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. Journal of agricultural and food chemistry 54(19):7355-7363.
- Majumder, K; Mazumdar, B. 2002. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. Scientia Horticulturae 96:91-101.
- María, T; Tsaniklidis, G; Delis, C; Nikolopoulou, AE; Nikoloudakis, N; Karapanos, I; Aivalakis, G. 2016. Gene transcript accumulation and enzyme activity of β -amylases suggest involvement in the starch depletion during the ripening of cherry tomatoes. Plant Gene 5:8-12.
- Mathias-Rettig, K; Ah-Hen, K. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad. Agro Sur 24(2):39-48 p.
- McComb, E; McCready, R. 1952. Colorimetric determination of pectic substances. Anal. Chem. 24:1630-1632
- McCready, R; McComb, E. 1952. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. Anal. Chem. 24:1986-1988

- Mendoza, E; Calvo, C. 2010. Bromatología. Composición y propiedades de los alimentos. México, McGrawHill. 216 p.
- Menéndez, O; Evangelista, S; Arenas, M; Bermúdez, K; Del Villar, A; Jiménez, A. 2006. Cambios en la actividad de α -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del Maracuyá Amarillo (*Passiflora edulis* VAR. FLAVICARPA DEGENER). INCI 31(10):728-733.
- Mesa, K; Serra, S; Masia, A; Gagliardi, F; Bucci, D; Musacchi, S. 2016. Seasonal trends of starch and soluble carbohydrates in fruits and leaves of ‘Abbé Fétel’ pear trees and their relationship to fruit quality parameters. Scientia Horticulturae 211:60-69.
- Miller, G. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry 31(3):426-428
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2016. Sistema de Información Regional para la toma de decisiones (en línea). Consultado 04 set. 2016. Disponible en <http://webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD/inicio.html#app=8d5c&d4a2-selectedIndex=0&d9ef-selectedIndex=1>
- Mohamed, M; Zhang, F; Wu, F; Zhou, Ch; Tao, J. 2013. Advances in Fruit Aroma Volatile Research. Molecules 18:8200-8229.
- Moggia, C; Pereira, M. 2006. Almidón y maduración en manzanas. Pomáceas 6(3):1-4.
- Molina, E. 2006. Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón (en línea). Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4049CB1792601248852579A3006D4E81/\\$FILE/Efecto%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20Mineral%20en%20la%20Calidad%20del%20Mel%C3%B3n](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4049CB1792601248852579A3006D4E81/$FILE/Efecto%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20Mineral%20en%20la%20Calidad%20del%20Mel%C3%B3n)
- Moo-Huchin, V; Estrada-Mora, I; Estrada-León, R; Cuevas-Glory, L; Ortiz-Vázquez, E; Vargas, M; Betancur-Ancona, D; Sauri-Duch, E. 2014. Determination of some

physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 152:508-515.

Moreno, A; Jiménez, L; López, M. 2014. Operaciones culturales, recolección, almacenamiento y envasado de productos agrícolas. España, Paraninfo. 118 p.

Mujica, A; Izquierdo, J; Marathee, J; Morón, C; Jacobsen, S. 1998. Reunión técnica y taller de formulación de proyecto regional sobre producción y nutrición humana en base a cultivos andinos. Arequipa, Perú. 187 p.

Nandutu, A; Carrasco, J; Hagenimana, V. 1998. Using sweet potato amylase extracts for the determination of starch in foodstuffs. 16 p.

Ndiaye, C; Xu, S-Y; Wang, Z. 2009. Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Food Chemistry* 113(1):92-95.

Obenland, D; Carroll, T. 2000. Mealiness and Pectolytic Activity in Peaches and Nectarines in Response to Heat Treatment and Cold Storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125(6):723-728.

Pardede, E. 2005. A study on effect of calcium-magnesium-phosphorus fertilizer on potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) and on physicochemical properties of potato flour during storage. Balige, Indonesia, Cuvillier Verlag. 140 p.

Pérez, A; Olías, R; Espada, J; Olías, J; Sanz, C. 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45:3545-3549.

Pérez, E. 2003. Aislamiento y caracterización de la secuencia génica que codifica para la enzima poligalacturonasa de mamey (*Pouteria Sapota*). Tesis Mg. Sc. Yautepec, México, UPN. 93 p.

- Pesis, E; Fuchs, Y; Zauberman, G. 1978. Starch content and Amylase activity in avocado fruit pulp. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(5):673-676.
- Popenoe, H; King, S; León, J; Sumar, L. 1989. *Lost Crops of the Incas: Little – known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation.* Washington, Estados Unidos, NRC. 417 p.
- Prasanna, V; Prabha, T; Tharanathan, R. 2007. Fruit ripening phenomena-an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 47(1):1-19.
- Reyes, M; Gómez-Sánchez, I; Espinoza, C; Bravo, F; Ganoza, L. 2009. *Tablas peruanas de composición de alimentos.* 8 ed. Lima, Perú, MINSA, INS. 63 p.
- Ribas, M; Flores, I; González, M. 2013. La respiración de las plantas (en línea). Consultado 25 dic. 2016. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/FisioVegetal/14>
- Rodríguez, J; Narváez, C; Restrepo, L. 2005. Estudio de la actividad enzimática de poligalacturonasa en la corteza de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). *Acta Biológica Colombiana* 11:65-74.
- Rodrigo, M; Zacarías, L. 2003. Biosíntesis y regulación de carotenoides durante la maduración de frutos de naranja. Valencia, España, Consejo Superior de Investigaciones científicas. p. 35-41.
- Rojo, L; Villano, C; Joseph, G; Schmidt, B; Shulaev, V; Shuman, J; Lila, M; Raskin, I. 2010. Wound-healing properties of nut oil from *Pouteria lucuma*. *J Cosmet Dermatol* 9(3):185-195.
- Rolz, C. 2011. Fisiología post cosecha de frutas. Compendio de características de calidad, condiciones de almacenamiento, sensibilidad al frío, maduración y desordenes fisiológicos. Guatemala, UVG. p. 23-34.
- Ruibal-Mendieta, N; Dekeyser, A; Delacroix; Mignolet, E; Larondelle, Y; Meurens, M. 2004. The oleate/palmitate ratio allows the distinction between wholemeals of spelt

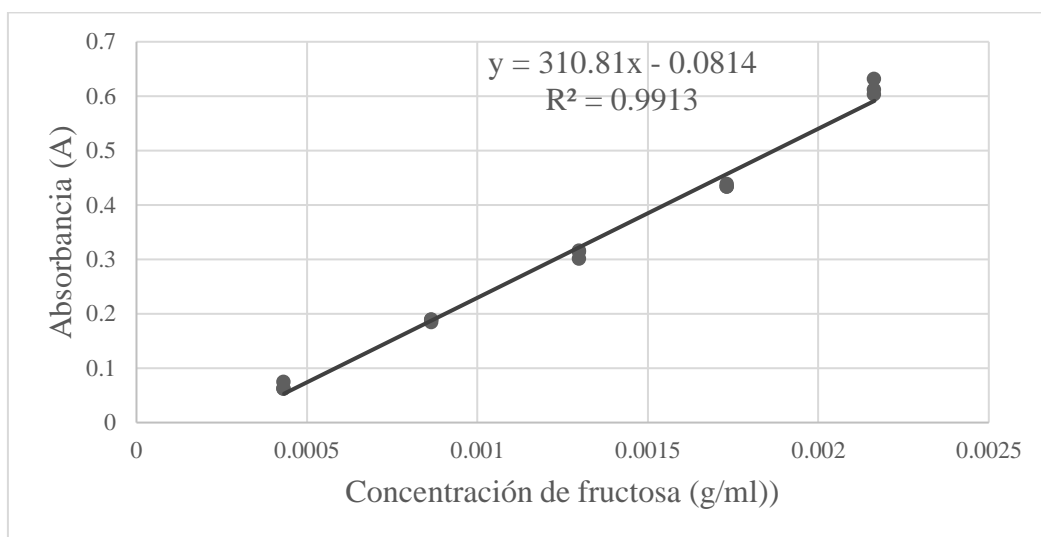
- (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*T. aestivum* L.). *Journal of Cereal Science* 39:413-415.
- Sakouhi, F; Herchi, W; Sebei, K; Absalon, C; Kallel, H; Boukhchina, S. 2011. Accumulation of total lipids, fatty acids and triacylglycerols in developing fruits of *Olea europaea* L. *Scientia Horticulturae* 132:7-11.
- Sánchez-Urdaneta, A; Colmenares, C; Bracho, B; Ortega, J; Rivero, G; Gutiérrez, G y Paz, J. 2007. Caracterización morfológica del fruto en variantes de guayabo (*Psidium guajava* L.) en una finca del municipio Mara, estado Zulia. *Fac. Agron. (LUZ)* 24:282-302.
- Schouten, R; Woltering, E; Tijssens, L. 2016. Sugar and acid interconversion in tomato fruits based on biopsy sampling of locule gel and pericarp tissue. *Postharvest Biology and Technology* 111:83-92.
- Shook, C; Shellhammer, T; Schwartz, S. 2001. Polygalacturonase, pectinesterase, and lipoxygenase activities in high-pressure-processed diced tomatoes. *J. Agric. Food Chem.* 49:664-668.
- Siegmund, B. 2015. Flavour development, analysis and perception in food and beverages: 7-Biogenesis of aromas compounds: flavor formation in fruits and vegetables. *Food Science, Technology and Nutrition*. p. 127-149.
- SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, PE). 2016. Reporte de exportación de lúcuma (en línea). Consultado 03 set. 2016. Disponible en www.siicex.gob.pe
- Soares, S. 2002 Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Nutr. Campinas* 15(1):71-81.
- Solarte, M; Hernández, M; Morales, A; Fernández-Trujillo, J; Melgarejo, L. 2010. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L) durante la maduración. Bogotá, Colombia, Panamericana. p. 85-119.

- Song, F; Su, H; Yang, N; Zhu, L; Cheng, J; Wang, L; Cheng, X. 2016. *Myo*-Inositol content determined by *myo*-inositol biosynthesis and oxidation in blueberry fruit. *Food Chemistry* 210:381-387.
- Song, J; Bangerth, F. 2003. Fatty acids as precursors for aroma volatile biosynthesis in pre-climacteric and climacteric Apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 30:113-121.
- Suárez, J; Pérez de Camacaro, M; Giménez, A. 2009. Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad postcosecha de la fruta de guayaba. *UDO Agrícola* 9(1):60-69.
- Suárez, X. 2003. Guía de procesos para la elaboración de néctares, mermeladas, uvas pasas y vinos. Bogotá, Colombia, Convenio Andrés Bello. 40 p.
- Sumathi, M; Shivashankar, S. 2017. Metabolic profiling of sapota fruit cv. Cricket ball grown under foliar nutrition, irrigation and water deficit stress. *Scientia Horticulturae* 215:1-8.
- Sweetman, C; Deluc, L; Cramer, G; Ford, C; Soole, K. 2009. Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry* 70:1329-1344.
- Tafolla, J; González, A; Tiznado, M; Zacarías, L; Báez, R. 2013. Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Fitotec. Mex.* 36(1):3-12.
- Taylor, S. 2007. *Advances in Food and Nutrition Research*. California, Estados Unidos, Academic Press. 352 p.
- Torres, R; Montes, E; Pérez, O. 2013. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica* 24(3):51-56.
- Tortora, G; Funke, B; Case, C. 2007. *Introducción a la microbiología*. Madrid, España, Médica Panamericana. 959 p.

- Towle, M. 2007. The ethnobotany of pre- Columbian Perú. 180 p.
- Trabelsi, H; Cherif, O; Zakouhi, F; Villeneuve, P; Renaud, J; Barouh, N; Baukhchina, S; Mayer, P. 2012. Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. Food Chemistry 131:434-440.
- Vargas, W; Cepeda, R; Planella, I; Aldana, H; Barriga, R; Moreno, J; Villamizar, D; González, C. 1987. Tecnología del manejo de postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá, Colombia, IICA. 245 p.
- Villarreal, N; Rosli, H; Martinez, P; Civello, P. 2008. Polygalacturonase activity and expression of related genes during ripening of strawberry cultivars with contrasting fruit firmness. Postharvest Biology and Technology 47:141-150.
- Yahia, E; Gutierrez, F. 2011. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Cocona to mango. 18 – Lúcumá (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav.) Kuntze). Woodhead Publishing Series 3:443-449.
- Yahia, E; Gutiérrez-Orozco, F; Arvizu de León, C. 2011. Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) fruit. Food Research International 44:2175-2181.
- Zapata, L; Gerard, L; Davies, C; Oliva, L; Schwab, M. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencia, docencia y tecnología 34:207-226.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: CURVA DE CALIBRACIÓN Y METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EXPRESADOS EN FRUCTOSA



Preparación de los reactivos

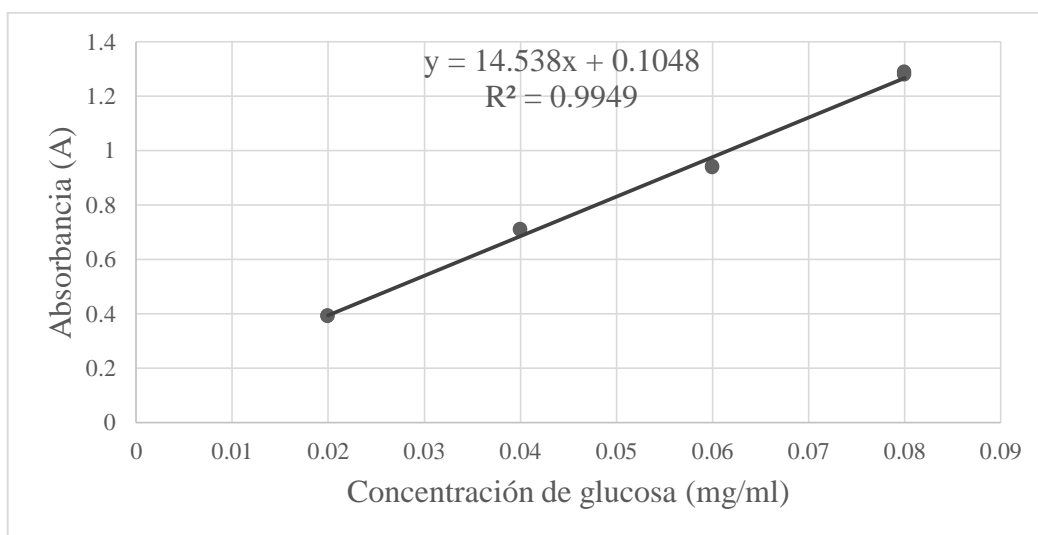
Reactivo DNS. Se pesaron 11 g de NaOH, 10 g de DNS, 2 g de fenol y 0.5 g de bisulfito de sodio; todos estos se fueron disolviendo en oscuridad en agua destilada de manera consecutiva en un mismo recipiente y finalmente se enrasó con agua destilada a 1 litro.

Solución de Sal de Rochelle. Se pesaron 40 g de tartrato de sodio y potasio, se adicionó poca cantidad de agua destilada para mantenerla en agitación hasta disolverla completamente. Finalmente se enrasó con agua destilada a 100 ml.

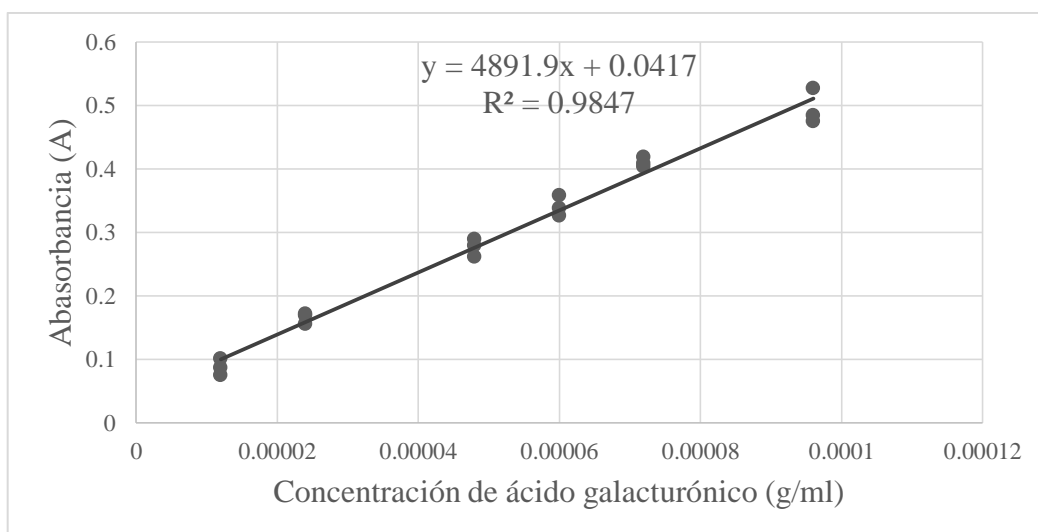
Análisis de la muestra

Se tomó 0.50 ml de muestra y se agregó a un tubo de ensayo. Se adicionó 3 ml de reactivo DNS, se agitó y se le sometió a ebullición por 5 minutos. Se paró la reacción con 1 ml de Sal de Rochelle y se adicionó 10 ml de agua destilada al tubo. Previa agitación se leyó la absorbancia a 550 nm.

ANEXO 2: CURVA DE CALIBRACIÓN DE GLUCOSA PARA LA DETERMINACIÓN DE ALMIDÓN PREVIA HIDROLISIS



ANEXO 3: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE PECTINA TOTAL EXPRESADOS EN ÁCIDO GALACTURÓNICO



ANEXO 4: CONTENIDO DE MATERIA SECA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Materia seca %	
		pMF	MF
A1	R1	21.07	39.30
A1	R2	20.48	37.69
A1	R3	24.13	37.02
A2	R1	30.35	30.87
A2	R2	28.65	31.80
A2	R3	28.04	31.08
A3	R1	34.92	35.96
A3	R2	33.80	35.89
A3	R3	32.87	35.54
A4	R1	32.67	36.78
A4	R2	32.66	37.35
A4	R3	31.66	36.85

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4,

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MATERIA SECA (MS) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Materia seca - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	233.314	1	233.314	20.28	0.0002
B: bloque	133.055	3	44.3517	3.86	0.0261
Residuos	218.557	19	11.503		
Total (corregido)	584.925	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Materia seca por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	29.275	0.979072	X
Madurez fisiológica	12	35.5108	0.979072	X

Tabla ANOVA para MS por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	568.034	7	81.1478	77.12	0.0000
Intra grupos	16.8366	16	1.05229		
Total (Corr.)	584.871	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para MS por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	21.8916	X
A2 pMF	3	29.0119	X
A2 MF	3	31.2527	XX
A4 pMF	3	32.3321	X
A3 pMF	3	33.864	XX
A3 MF	3	35.7935	XX
A4 MF	3	36.9922	X
A1 MF	3	38.0011	X

ANEXO 6: VALORES DE PH DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		pH	
		pMF	MF
A1	R1	6.23	6.22
A1	R2	6.37	6.20
A1	R3	6.28	6.18
A2	R1	6.02	6.07
A2	R2	5.71	6.16
A2	R3	6.00	6.12
A3	R1	6.24	6.37

«continuación»

A3	R2	6.30	6.37
A3	R3	6.31	6.40
A4	R1	6.25	6.24
A4	R2	6.25	6.25
A4	R3	6.29	6.22

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PH DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.0126042	1	0.0126042	1.50	0.2358
B: bloque	0.338546	3	0.112849	13.42	0.0001
Residuos	0.159746	19	0.00840768		
Total (corregido)	0.510896	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	6.1875	0.0264696	X
Madurez fisiológica	12	6.23333	0.0264696	X

Tabla ANOVA para pH por Muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.430763	7	0.0615375	12.29	0.0000
Intra grupos	0.0801333	16	0.00500833		
Total (Corr.)	0.510896	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A2 pMF	3	5.91	X
A2 MF	3	6.11667	X
A1 MF	3	6.2	XX
A4 MF	3	6.23667	XX
A4 pMF	3	6.26333	XX
A3 pMF	3	6.28333	XX
A1 pMF	3	6.29333	XX
A3 MF	3	6.38	X

ANEXO 8: ACIDEZ TITULABLE DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Acidez titulable (%) (g ác. cítrico/100 g bs)	
		pMF	MF
A1	R1	0.7997	0.4942
A1	R2	0.7441	0.5412
A1	R3	0.8482	0.5965
A2	R1	0.8972	0.7310
A2	R2	0.8741	0.7144
A2	R3	0.7294	0.6315
A3	R1	0.4720	0.4238
A3	R2	0.3776	0.3671
A3	R3	0.4125	0.4579
A4	R1	0.5454	0.5768
A4	R2	0.5005	0.5344
A4	R3	0.4733	0.5985

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ACIDEZ DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Acidez titulable - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.0422269	1	0.0422269	5.88	0.0255
B: bloque	0.409731	3	0.136577	19.01	0.0000
Residuos	0.136515	19	0.00718501		
Total (corregido)	0.588473	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Acidez titulable por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	0.555608	0.0244694	X
Madurez fisiológica	12	0.6395	0.0244694	X

Tabla ANOVA para Acidez por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.542035	7	0.0774336	26.68	0.0000
Intra grupos	0.0464377	16	0.00290236		
Total (Corr.)	0.588473	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Acidez por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 MF	3	0.416267	X
A3 pMF	3	0.4207	XX
A4 pMF	3	0.5064	XX
A1 MF	3	0.543967	XXX
A4 MF	3	0.5699	XX
A2 MF	3	0.6923	XX
A1 pMF	3	0.797333	X
A2 pMF	3	0.833567	X

ANEXO 10: CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES (SS) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		°Brix (% SS)	
		pMF	MF
A1	R1	16.80	20.00
A1	R2	16.40	19.60
A1	R3	17.20	20.00
A2	R1	16.00	18.00
A2	R2	17.00	18.00
A2	R3	16.40	17.80
A3	R1	16.00	18.00
A3	R2	16.80	16.00
A3	R3	16.80	18.00
A4	R1	18.00	17.60
A4	R2	16.00	18.00
A4	R3	16.80	17.80

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 11: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – SÓLIDOS SOLUBLES DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Sólidos solubles - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	14.415	1	14.415	24.53	0.0001
B: bloque	6.69833	3	2.23278	3.80	0.0274
Residuos	11.165	19	0.587632		
Total (corregido)	32.2783	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Sólidos solubles por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	16.6833	0.22129	X
Madurez fisiológica	12	18.2333	0.22129	X

Tabla ANOVA para Sólidos solubles por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	26.1183	7	3.73119	9.69	0.0001
Intra grupos	6.16	16	0.385		
Total (Corr.)	32.2783	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Sólidos solubles por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A2 pMF	3	16.4667	X
A3 pMF	3	16.5333	X
A1 pMF	3	16.8	X
A4 pMF	3	16.9333	X
A3 MF	3	17.3333	X
A4 MF	3	17.8	X
A2 MF	3	17.9333	X
A1 MF	3	19.8667	X

ANEXO 12: PARÁMETROS DE COLOR (L, a*, b*, C* Y h°) DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Color de cáscara de Lúcum pMF					Color de cáscara de Lúcum MF				
		L*	a*	b*	C*	h°	L*	a*	b*	C*	h°
A1	R1-1	38.87	-11.77	16.55	20.3085	125.42	54.58	-10.78	24.31	26.5929	113.91
A1	R1-2	38.5	-10.92	14.81	18.4006	126.40	59.89	-8.35	31.8	32.878	104.71
A1	R1-3	43.69	-14.57	23.03	27.2519	122.32	61.41	-10.39	31.77	33.4258	108.11
A1	R1-4	40.36	-11.68	17.88	21.3569	123.15	61.89	-9.09	33.24	34.4605	105.29
A1	R1-5	35.18	-9.89	13.53	16.7593	126.17	57.56	-11.25	28.17	30.3333	111.77

«continuación»

A1	R1-6	38.95	-13.47	20.73	24.7219	123.02	56.98	-11.73	26.7	29.163	113.72
A1	R2-1	38.14	-10.98	16.04	19.4382	124.39	51.8	-8.24	20.21	21.8253	112.18
A1	R2-2	43.8	-14.24	22.52	26.6445	122.31	56.22	-8.78	25.27	26.7518	109.16
A1	R2-3	41.85	-12.42	18.79	22.5238	123.46	57.8	-7.94	26.02	27.2045	106.97
A1	R2-4	42.57	-13.34	20.39	24.3661	123.19	56.29	-7.34	24.75	25.8155	106.52
A1	R2-5	41.7	-13.11	20.11	24.0059	123.10	61.92	-6.18	29.73	30.3655	101.74
A1	R2-6	40.07	-10.62	15.62	18.8883	124.21	59.52	-9.08	27.32	28.7894	108.38
A1	R3-1	33.12	-9.95	13.93	17.1186	125.54	56.82	-10.28	25.17	27.1884	112.22
A1	R3-2	41.53	-13.34	19.45	23.5851	124.44	53.98	-9.3	23.13	24.9296	111.90
A1	R3-3	40.34	-11.92	16.89	20.6727	125.21	59.15	-8.72	28.84	30.1295	106.82
A1	R3-4	40.17	-12.23	17.01	20.9503	125.72	57.98	-10.79	26.14	28.2794	112.43
A1	R3-5	37.27	-11.76	16.66	20.3925	125.22	54.73	-11	24.55	26.9017	114.14
A1	R3-6	40.2	-11.78	16.32	20.1274	125.82	56.63	-10.02	26.77	28.5838	110.52
A2	R1-1	51.47	-9.64	18.66	21.003	117.32	56.59	-10.58	24.33	26.5308	113.50
A2	R1-2	50.03	-8.91	17.33	19.4863	117.21	59.3	-10.4	27.58	29.4757	110.66
A2	R1-3	51.92	-9.51	19.55	21.7403	115.94	56.26	-9.65	24.79	26.602	111.27
A2	R1-4	49.35	-8.76	15.76	18.031	119.07	53.6	-9.82	22.07	24.1561	113.99
A2	R1-5	48.2	-8.03	14.25	16.3568	119.40	57.47	-9.41	25.97	27.6223	109.92
A2	R1-6	48.16	-7.97	14.57	16.6074	118.68	56.48	-10.89	25.42	27.6544	113.19
A2	R2-1	46.78	-8.51	13.72	16.1449	121.81	53.54	-10.05	21.08	23.3531	115.49
A2	R2-2	44.54	-7	11.2	13.2076	122.01	54.14	-10.61	22.3	24.6954	115.44
A2	R2-3	45.65	-7.97	12.48	14.8078	122.56	57.68	-9.63	25.4	27.1643	110.76
A2	R2-4	49.82	-10.12	17.03	19.81	120.72	52.76	-10.04	20.56	22.8805	116.03
A2	R2-5	46.59	-8.6	13.87	16.3198	121.80	55.38	-9.6	22.98	24.9046	112.67
A2	R2-6	47.22	-9.06	14.78	17.3359	121.51	51.26	-9.71	18.96	21.3018	117.12
A2	R3-1	49.39	-9.1	15.96	18.372	119.69	55.65	-10.13	22.67	24.8303	114.08
A2	R3-2	50.89	-9.66	18.12	20.5341	118.06	55.74	-11.43	25.45	27.8989	114.19
A2	R3-3	51.53	-9.26	19.06	21.1904	115.91	51.55	-10.28	19.86	22.3629	117.37
A2	R3-4	50.4	-9.7	17.7	20.1837	118.72	55.92	-9.73	23.51	25.4439	112.48
A2	R3-5	49.79	-9.15	17.08	19.3765	118.18	46.27	-8.34	14.46	16.6927	119.97
A2	R3-6	50.25	-9.68	17.2	19.7368	119.37	49.92	-9.04	18.52	20.6085	116.02
A3	R1-1	48.58	-6.56	11.42	13.17	119.87	57.06	-9.92	20.34	22.6301	116.00

«continuación»

A3	R1-2	50.72	-8.28	15.01	17.1423	118.88	54.42	-8.86	17.93	19.9996	116.30
A3	R1-3	48.26	-6.18	11.95	13.4534	117.35	58.14	-9.94	21.68	23.8501	114.63
A3	R1-4	50.74	-7.61	14.37	16.2607	117.90	52.56	-8.44	16.62	18.6402	116.92
A3	R1-5	49.15	-7.04	12.71	14.5295	118.98	55.93	-9.35	19.89	21.978	115.18
A3	R1-6	48.82	-7.09	12.37	14.2578	119.82	56.17	-9.78	19.71	22.003	116.39
A3	R2-1	50.76	-7.39	14.5	16.2746	117.01	58.07	-9.21	21.11	23.0316	113.57
A3	R2-2	50.2	-7.49	13.71	15.6226	118.65	57.97	-9.28	21.31	23.2429	113.53
A3	R2-3	52.83	-7.9	15.82	17.6828	116.54	56.12	-8.65	19.4	21.2411	114.03
A3	R2-4	51.37	-8.4	15.37	17.5156	118.66	56.44	-8.49	20.05	21.7734	112.95
A3	R2-5	47.9	-5.74	10.59	12.0456	118.46	59.7	-8.1	23.25	24.6206	109.21
A3	R2-6	52.45	-9.2	16.66	19.0314	118.91	57.9	-9.15	21.39	23.2649	113.16
A3	R3-1	47.05	-5.71	9.73	11.2817	120.41	57.57	-9.22	20.67	22.6331	114.04
A3	R3-2	46.59	-4.34	8.27	9.33962	117.69	54.73	-8.54	18.78	20.6306	114.45
A3	R3-3	45.9	-4.88	8.35	9.67145	120.30	55.3	-7.69	19.16	20.6456	111.87
A3	R3-4	45.4	-4.51	7.76	8.97539	120.16	53.79	-7.25	17.57	19.007	112.42
A3	R3-5	46.83	-4.7	8.83	10.0029	118.03	57.05	-8.38	20.33	21.9894	112.40
A3	R3-6	44.62	-3.2	5.82	6.64172	118.80	54.01	-9.09	17.96	20.1293	116.85
A4	R1-1	51.92	-8.77	17.06	19.1822	117.21	56.63	-9.28	21.68	23.5826	113.17
A4	R1-2	48.43	-5.57	11.67	12.9311	115.51	56.53	-9.35	21.88	23.7941	113.14
A4	R1-3	51.36	-7.07	14.75	16.3569	115.61	59.26	-8.48	25.65	27.0154	108.29
A4	R1-4	53.45	-8.26	18.57	20.3242	113.98	59.09	-7.63	25.19	26.3202	106.85
A4	R1-5	51.55	-7.45	15.75	17.4231	115.31	58.87	-9.28	23.98	25.713	111.16
A4	R1-6	47.85	-5.31	10.85	12.0797	116.08	55.11	-10.05	21.14	23.4073	115.43
A4	R2-1	50.07	-6.26	12.87	14.3117	115.94	57.68	-8.45	22.99	24.4937	110.18
A4	R2-2	49.37	-5.22	12.23	13.2974	113.11	58.06	-8.77	24.33	25.8624	109.82
A4	R2-3	47	-4.79	9.13	10.3102	117.68	60.94	-8.02	28.42	29.5299	105.76
A4	R2-4	48.06	-4.61	13.4	14.1708	108.98	54.81	-9.87	20.16	22.4464	116.09
A4	R2-5	48.79	-6.58	12.74	14.3389	117.32	56.12	-8.18	21.32	22.8354	110.99
A4	R2-6	49.3	-6.81	12.49	14.2259	118.60	57.63	-8.4	23.97	25.3992	109.31
A4	R3-1	48.59	-6.52	11.55	13.2632	119.44	59.37	-7.35	25.61	26.6438	106.01
A4	R3-2	44.35	-3.58	9.51	10.1615	110.63	58.47	-8.81	24.48	26.017	109.79
A4	R3-3	47.34	-5.07	10.1	11.3011	116.66	56.25	-9.17	21.83	23.6778	112.79

«continuación»

A4	R3-4	49.98	-7.2	13.36	15.1766	118.32	57.23	-8.67	22.72	24.318	110.89
A4	R3-5	50.33	-7.37	14.1	15.91	117.60	61.2	-7.76	27.59	28.6605	105.71
A4	R3-6	50.69	-7.06	14.59	16.2084	115.82	56.7	-8.76	21.93	23.6149	111.77

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 13: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO L* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para L* de la cáscara - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	571.432	1	571.432	62.16	0.0000
B: bloque	80.6105	3	26.8702	2.92	0.0605
Residuos	174.655	19	9.19239		
Total (corregido)	826.698	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para L* de la cáscara por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	46.7346	0.875233	X
Madurez fisiológica	12	56.4936	0.875233	X

Tabla ANOVA para L* por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	785.655	7	112.236	43.75	0.0000
Intra grupos	41.0426	16	2.56516		
Total (Corr.)	826.698	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para L* por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	39.795	X
A3 pMF	3	48.7872	X
A2 pMF	3	48.9989	X
A4 pMF	3	49.3572	X
A2 MF	3	54.4172	X
A3 MF	3	56.2739	X
A1 MF	3	57.5083	X
A4 MF	3	57.775	X

ANEXO 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO a* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para a* de la cáscara - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	0.198623	1	0.198623	0.04	0.8407
B: bloque	11.2069	3	3.73565	0.78	0.5190
Residuos	90.8557	19	4.78188		
Total (corregido)	102.261	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para a* de la cáscara por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje LSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	-8.63111	0.63126	X
Madurez fisiológica	12	-8.44917	0.63126	X

Tabla ANOVA para a* de la cáscara por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	73.2344	7	10.4621	14.94	0.0000
Intra grupos	11.2016	16	0.700102		
Total (Corr.)	84.436	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para a* por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	-12.1106	X
A2 MF	3	-9.96333	XX
A1 MF	3	-9.40333	X
A2 pMF	3	-8.92389	X
A3 MF	3	-8.85222	X
A4 MF	3	-8.68222	XX
A3 pMF	3	-6.45667	XX
A4 pMF	3	-6.30556	X

ANEXO 15: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO b* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para b* de la cáscara - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	438.159	1	438.159	117.57	0.0000
B: bloque	129.765	3	43.2549	11.61	0.0002
Residuos	70.8119	19	3.72694		
Total (corregido)	638.736	23			

Múltiple Rangos para b* de la cáscara por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	14.6742	0.557296	X
Madurez fisiológica	12	23.2197	0.557296	X

Tabla ANOVA para b* de la cáscara por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	581.011	7	83.0016	23.01	0.0000
Intra grupos	57.7243	16	3.60777		
Total (Corr.)	638.736	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para b* de la cáscara por muestra

Método: 95.0 porcentaje LSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 pMF	3	11.8467	X
A4 pMF	3	13.04	XX
A2 pMF	3	16.0178	XX
A1 pMF	3	17.7922	XX
A3 MF	3	19.8417	XX
A2 MF	3	22.5506	XX
A4 MF	3	23.6039	XX
A1 MF	3	26.8828	X

ANEXO 16: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO h° DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para h° de la cáscara - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	339.482	1	339.482	45.06	0.0000
B: bloque	59.3007	3	19.7669	2.62	0.0803
Residuos	143.147	19	7.53407		
Total (corregido)	541.93	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para h° de la cáscara por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	112.024	0.792363	X
Madurez fisiológica	12	119.546	0.792363	X

Tabla ANOVA para h° de la cáscara por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	508.817	7	72.6882	35.12	0.0000
Intra grupos	33.1128	16	2.06955		
Total (Corr.)	541.93	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para h° de la cáscara por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	3	109.472	X
A4 MF	3	110.397	XX
A3 MF	3	114.105	XX
A2 MF	3	114.119	XX
A4 pMF	3	115.767	XX
A3 pMF	3	118.69	X
A2 pMF	3	119.331	X
A1 pMF	3	124.394	X

ANEXO 17: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO C^* DEL COLOR DE LA CÁSCARA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para C^* de la cáscara - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	390.44	1	390.44	92.49	0.0000
B: bloque	175.803	3	58.6011	13.88	0.0000
Residuos	80.2113	19	4.22165		
Total (corregido)	646.455	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para C^* de la cáscara por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	16.9671	0.593131	X
Madurez fisiológica	12	25.0339	0.593131	X

Tabla ANOVA para C^* de la cáscara por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	582.801	7	83.2573	20.93	0.0000
Intra grupos	63.6537	16	3.97836		
Total (Corr.)	646.455	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para C* por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 pMF	3	13.4944	X
A4 pMF	3	14.4985	X
A2 pMF	3	18.3469	XX
A1 pMF	3	21.5285	XX
A3 MF	3	21.7395	XX
A2 MF	3	24.6766	XX
A4 MF	3	25.1851	XX
A1 MF	3	28.5343	X

ANEXO 18: PARÁMETROS DE COLOR (L, a*, b*, C* Y h°) DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Color de pulpa de Lúcum pMF					Color de pulpa de Lúcum MF				
		L*	a*	b*	C*	h°	L*	a*	b*	C*	h°
A1	R1-1	86.11	-1.59	27.62	27.6657	93.29	77.64	9.94	51.67	52.6174	79.11
A1	R1-2	84.18	1.6	20.8	20.8614	85.60	77.71	7.39	52.36	52.8789	81.97
A1	R1-3	85.77	-1.91	25.57	25.6412	94.27	78.31	7.48	45.77	46.3772	80.72
A1	R1-4	83.27	-0.59	24.96	24.967	91.35	79.42	7.89	49.53	50.1545	80.95
A1	R1-5	81.26	0.51	23.35	23.3556	88.75	78.78	8.47	50.51	51.2152	80.48
A1	R1-6	86.65	-1.6	27.41	27.4567	93.34	76.87	7.89	50.13	50.7471	81.06
A1	R2-1	83.42	-0.88	25.32	25.3353	91.99	73.25	17.17	47.03	50.0663	69.94
A1	R2-2	82.57	0.76	27.82	27.8304	88.44	71.44	14.65	42	44.4817	70.77
A1	R2-3	83.12	0.4	25.44	25.4431	89.10	73.23	16.55	45.64	48.548	70.07
A1	R2-4	84.39	1.66	28	28.0492	86.61	72.67	17.85	46.15	49.4818	68.85
A1	R2-5	79.41	-2.97	24.42	24.5999	96.93	74.23	16.35	47.8	50.5189	71.12
A1	R2-6	84.84	-0.23	26.11	26.111	90.50	73.01	17.45	46.11	49.3015	69.27
A1	R3-1	85.57	-0.94	19.77	19.7923	92.72	78.16	7.41	46.35	46.9386	80.92
A1	R3-2	83.33	-1.86	22.86	22.9355	94.65	77.4	9.98	50.12	51.104	78.74
A1	R3-3	86.11	-3.73	21.37	21.6931	99.90	78.7	2.29	49.71	49.7627	87.36
A1	R3-4	86	-4.3	22.39	22.7992	100.87	77.41	4.18	56.39	56.5447	85.76

«continuación»

A1	R3-5	77.33	-4.33	22.16	22.5791	101.06	78.32	7.34	48.74	49.2896	81.44
A1	R3-6	84.19	-3.24	23.05	23.2766	98.00	78.8	9.14	51.33	52.1374	79.90
A2	R1-1	77.81	2.64	48.46	48.5319	86.88	77.58	9.14	50.95	51.7633	79.83
A2	R1-2	83.19	0.85	48.74	48.7474	89.00	79.48	8.89	49.63	50.4199	79.84
A2	R1-3	76.13	-2.53	46.19	46.2592	93.14	77.2	4.06	46.72	46.8961	85.03
A2	R1-4	77.9	-6.49	45.6	46.0595	98.10	80.86	5.01	50.51	50.7579	84.34
A2	R1-5	81.54	-1.46	44.09	44.1142	91.90	76.42	10.74	48.2	49.3821	77.44
A2	R1-6	77.61	6.18	41.29	41.7499	81.49	75.54	9	48.99	49.8098	79.59
A2	R2-1	78.17	10.97	43.79	45.1432	75.94	78.63	9.3	48.11	49.0006	79.06
A2	R2-2	82.21	1.86	38.77	38.8146	87.25	77.51	5.62	47.82	48.1491	83.30
A2	R2-3	82.92	0.89	38.87	38.8802	88.69	75.06	4.38	41.21	41.4421	83.93
A2	R2-4	82.51	1.95	37.88	37.9302	87.05	80.94	5.59	51.61	51.9119	83.82
A2	R2-5	78.17	10.19	43.23	44.4147	76.74	79.87	7.18	47.8	48.3362	81.46
A2	R2-6	79.32	5.12	38.25	38.5912	82.38	75.48	9.5	45.76	46.7357	78.27
A2	R3-1	83.54	1.57	35.72	35.7545	87.48	76.99	12.54	47.88	49.4949	75.32
A2	R3-2	81.3	2.16	40.14	40.1981	86.92	75.45	12.62	44.85	46.5917	74.28
A2	R3-3	82.8	-2.91	38.11	38.2209	94.37	77.05	12.73	50.15	51.7405	75.76
A2	R3-4	79.2	1.92	35.03	35.0826	86.86	77.95	5.29	47.86	48.1515	83.69
A2	R3-5	84.38	1.74	33.03	33.0758	86.98	81.87	5.68	49.51	49.8348	83.46
A2	R3-6	81.25	2.02	41.94	41.9886	87.24	76.95	12.96	47.24	48.9855	74.66
A3	R1-1	83.45	1.76	44.18	44.215	87.72	75.09	8.03	45.11	45.8191	79.91
A3	R1-2	77.52	4.32	43.85	44.0623	84.37	79.71	1.77	48.99	49.022	87.93
A3	R1-3	83.66	2.02	49.34	49.3813	87.66	75.38	10.79	42.9	44.2361	75.88
A3	R1-4	79.06	5.25	45.48	45.782	83.42	72.7	8.37	42.26	43.0809	78.80
A3	R1-5	79.62	4.46	44.08	44.3051	84.22	75.28	9.73	43.27	44.3505	77.33
A3	R1-6	80.06	4.41	48.44	48.6403	84.80	78.76	2.95	49.67	49.7575	86.60
A3	R2-1	80.39	5.46	40.28	40.6484	82.28	73.39	12.27	44.31	45.9775	74.52
A3	R2-2	81.02	3.96	44.57	44.7456	84.92	75.82	5.24	47.81	48.0963	83.75
A3	R2-3	80.23	3.99	41.5	41.6914	84.51	73.05	11.04	43.34	44.724	75.71
A3	R2-4	77.84	5.48	40.91	41.2754	82.37	72.7	11.4	46.45	47.8285	76.21
A3	R2-5	79.93	6.17	41.71	42.1639	81.59	76.5	3.16	46.63	46.737	86.12
A3	R2-6	78.84	3.99	32.87	33.1113	83.08	71.46	10.96	40.88	42.3237	74.99

«continuación»

A3	R3-1	84.72	-2.06	43	43.0493	92.74	73.1	12.83	48.45	50.12	75.17
A3	R3-2	77.88	2.59	40.66	40.7424	86.36	76.31	7.76	49.15	49.7588	81.03
A3	R3-3	80.67	3.51	38.49	38.6497	84.79	71.11	13.17	45.88	47.7328	73.98
A3	R3-4	80.21	3.91	46.46	46.6242	85.19	74.15	13.59	51.91	53.6594	75.33
A3	R3-5	81.6	5.32	50.53	50.8093	83.99	77.1	7.61	47.46	48.0662	80.89
A3	R3-6	85.38	-1.49	41.8	41.8265	92.04	76.91	11.46	52.22	53.4627	77.62
A4	R1-1	80.16	1.29	49.34	49.3569	88.50	77.69	10.24	49.09	50.1466	78.22
A4	R1-2	82.35	1.63	47.97	47.9977	88.05	77.44	10.33	49.03	50.1064	78.10
A4	R1-3	81.94	1.79	47.97	48.0034	87.86	78.32	8.98	46.07	46.937	78.97
A4	R1-4	80.4	1.4	42.94	42.9628	88.13	77.93	8.89	48.3	49.1113	79.57
A4	R1-5	80.13	4.59	51.33	51.5348	84.89	77.79	9.59	45.61	46.6073	78.13
A4	R1-6	80.2	2.15	46.64	46.6895	87.36	64.34	8.01	33.63	34.5708	76.60
A4	R2-1	80.86	3.23	43.72	43.8392	85.77	78.48	8.63	48.04	48.809	79.82
A4	R2-2	77.85	6.43	44.99	45.4472	81.87	76.96	11.2	50.93	52.147	77.60
A4	R2-3	78.62	3.57	41.61	41.7629	85.10	70.46	14.73	47.28	49.5214	72.70
A4	R2-4	76.46	5.16	39.49	39.8257	82.56	74.13	15.6	50.03	52.4057	72.68
A4	R2-5	79.9	2.87	41.07	41.1702	86.00	74.83	10.83	49.44	50.6123	77.64
A4	R2-6	80.95	2.2	44.23	44.2847	87.15	78.3	10.56	53.58	54.6107	78.85
A4	R3-1	77.3	3.74	38.58	38.7609	84.46	74.84	13.39	49.71	51.4818	74.92
A4	R3-2	79.65	4.88	47.24	47.4914	84.10	75.73	11.41	48.83	50.1454	76.85
A4	R3-3	80.74	3.07	41.3	41.4139	85.75	76.86	13.12	47.35	49.1341	74.51
A4	R3-4	81.52	2.61	43.26	43.3387	86.55	72.95	14.42	47.8	49.9277	73.21
A4	R3-5	76.8	5.24	45.86	46.1584	83.48	76.26	13.86	47.91	49.8745	73.87
A4	R3-6	81.06	1.88	40.91	40.9532	87.37	76.84	9.97	48.29	49.3085	78.33

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 19: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO L* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para L* de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	151.328	1	151.328	60.15	0.0000
B: bloque	23.8236	3	7.94121	3.16	0.0487
Residuos	47.8008	19	2.51583		
Total (corregido)	222.952	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para L* de la pulpa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	76.1785	0.457878	X
Previo a la madurez fisiológica	12	81.2006	0.457878	X

Tabla ANOVA para L* de la pulpa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	192.784	7	27.5405	14.61	0.0000
Intra grupos	30.1686	16	1.88554		
Total (Corr.)	222.952	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para L* de la pulpa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 MF	3	74.9178	X
A4 MF	3	75.5639	X
A1 MF	3	76.4083	XX
A2 MF	3	77.8239	XXX
A4 pMF	3	79.8272	XX
A2 pMF	3	80.5528	XX
A3 pMF	3	80.6711	XX
A1 pMF	3	83.7511	X

ANEXO 20: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO a* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para a* de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	377.799	1	377.799	51.21	0.0000
B: bloque	24.7011	3	8.2337	1.12	0.3673
Residuos	140.184	19	7.37812		
Total (corregido)	542.684	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para a* de la pulpa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	1.86403	0.78412	X
Madurez fisiológica	12	9.79917	0.78412	X

Tabla ANOVA para a* de la pulpa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	437.95	7	62.5643	9.56	0.0001
Intra grupos	104.734	16	6.54588		
Total (Corr.)	542.684	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para a* de la pulpa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	-1.29111	X
A2 pMF	3	2.03722	XX
A4 pMF	3	3.20722	XX
A3 pMF	3	3.50278	XXX
A2 MF	3	8.34611	XXX
A3 MF	3	9.00722	XXX
A1 MF	3	10.5233	XX
A4 MF	3	11.32	X

ANEXO 21: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO b* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para b* de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	544.036	1	544.036	18.11	0.0004
B: bloque	342.285	3	114.095	3.80	0.0274
Residuos	570.927	19	30.0488		
Total (corregido)	1457.25	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para b* de la pulpa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	38.2521	1.58242	X
Madurez fisiológica	12	47.7743	1.58242	X

Tabla ANOVA para b* de la pulpa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1341.23	7	191.605	26.43	0.0000
Intra grupos	116.014	16	7.25085		
Total (Corr.)	1457.25	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para b* de la pulpa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	24.3567	X
A2 pMF	3	41.0628	X
A3 pMF	3	43.2306	XX
A4 pMF	3	44.3583	XX
A3 MF	3	46.4828	XX
A4 MF	3	47.8289	XX
A2 MF	3	48.0444	XX
A1 MF	3	48.7411	X

ANEXO 22: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO h° DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para h° de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	539.832	1	539.832	39.07	0.0000
B: bloque	60.1332	3	20.0444	1.45	0.2595
Residuos	262.522	19	13.8169		
Total (corregido)	862.487	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para h° de la pulpa por estado Fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	78.3867	1.07304	X
Previo a la madurez fisiológica	12	87.8721	1.07304	X

Tabla ANOVA para h° de la pulpa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	678.687	7	96.9552	8.44	0.0002
Intra grupos	183.801	16	11.4875		
Total (Corr.)	862.487	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para h° de la pulpa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 MF	3	76.6985	X
A1 MF	3	77.6902	XX
A3 MF	3	78.9871	XX
A2 MF	3	80.1711	XX
A3 pMF	3	85.3354	XXX
A4 pMF	3	85.8312	XXX
A2 pMF	3	87.1336	XX
A1 pMF	3	93.1881	X

ANEXO 23: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PARÁMETRO C* DEL COLOR DE LA PULPA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para C* pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	659.954	1	659.954	21.63	0.0002
B: bloque	335.631	3	111.877	3.67	0.0308
Residuos	579.791	19	30.5153		
Total (corregido)	1575.38	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para C* pulpa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	38.4259	1.59466	X
Madurez fisiológica	12	48.9136	1.59466	X

Tabla ANOVA para C* de la pulpa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1465.99	7	209.427	30.63	0.0000
Intra grupos	109.39	16	6.83686		
Total (Corr.)	1575.38	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para C* de la pulpa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	24.4662	X
A2 pMF	3	41.3087	X
A3 pMF	3	43.4291	XX
A4 pMF	3	44.4995	XX
A3 MF	3	47.4863	XX
A2 MF	3	48.8558	X
A4 MF	3	49.1921	X
A1 MF	3	50.1203	X

ANEXO 24: CONTENIDO DE MATERIA SECA DEL LIOFILIZADO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Materia seca del liofilizado (%)	
		pMF	MF
A1	R1	96.78	96.74
A1	R2	96.74	96.37
A1	R3	96.95	96.65
A2	R1	97.35	98.78
A2	R2	96.70	98.81
A2	R3	97.65	98.89
A3	R1	96.55	97.78
A3	R2	96.69	97.60
A3	R3	96.42	97.97
A4	R1	96.92	98.87
A4	R2	97.55	99.09
A4	R3	97.11	99.04

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 25: CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		% Azúcares reductores (g fructosa/100 g de lúcuma bs)	
		pMF	MF
A1	R1	20.1844	14.1375
A1	R2	17.3612	13.6282
A1	R3	20.4539	13.2212
A2	R1	15.5908	14.1017
A2	R2	15.4314	14.3946
A2	R3	13.7211	13.2636
A3	R1	14.2165	11.5023
A3	R2	14.7266	12.4547

«continuación»

A3	R3	14.1585	11.8669
A4	R1	17.1509	12.1967
A4	R2	17.2818	12.5513
A4	R3	17.1078	12.8971

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4
R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 26: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – AZÚCARES REDUCTORES DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Azúcares reductores - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	70.6206	1	70.6206	44.49	0.0000
B: bloque	34.3422	3	11.4474	7.21	0.0020
Residuos	30.1565	19	1.58718		
Total (corregido)	135.119	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Azúcares reductores por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	13.018	0.363683	X
Previo a la madurez fisiológica	12	16.4487	0.363683	X

Tabla ANOVA para Azúcares reductores por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	125.072	7	17.8674	28.45	0.0000
Intra grupos	10.0477	16	0.627982		
Total (Corr.)	135.119	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Azúcares reductores por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 MF	3	11.9413	X
A4 MF	3	12.5484	XX
A1 MF	3	13.6623	XXX
A2 MF	3	13.92	XXX
A3 pMF	3	14.3672	XX
A2 pMF	3	14.9144	X
A4 pMF	3	17.1802	X
A1 pMF	3	19.3332	X

ANEXO 27: CONTENIDO DE ALMIDÓN DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g almidón/ 100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	19.2822	37.7836
A1	R2	24.0294	37.3181
A1	R3	18.9202	35.8745
A2	R1	35.0547	28.2680
A2	R2	30.6099	32.5579
A2	R3	33.9958	31.6502
A3	R1	21.6945	43.3301
A3	R2	19.6363	43.0459
A3	R3	18.7716	40.2572
A4	R1	17.5977	31.5677
A4	R2	14.6003	29.1902
A4	R3	17.8216	37.8817

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 28: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ALMIDÓN DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Almidón - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	1023.26	1	1023.26	31.90	0.0000
B: bloque	188.049	3	62.6831	1.95	0.1551
Residuos	609.393	19	32.0733		
Total (corregido)	1820.7	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Almidón por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	22.6679	1.63486	X
Madurez fisiológica	12	35.7271	1.63486	X

Tabla ANOVA para Almidón por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1724.36	7	246.338	40.91	0.0000
Intra grupos	96.3415	16	6.02135		
Total (Corr.)	1820.7	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Almidón por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 pMF	3	16.6732	X
A3 pMF	3	20.0341	X
A1 pMF	3	20.7439	X
A2 MF	3	30.8254	X
A4 MF	3	32.8799	X
A2 pMF	3	33.2201	X
A1 MF	3	36.9921	XX
A3 MF	3	42.2111	X

ANEXO 29: CONTENIDO DE PECTINA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Pectina total (g de ác. galacturónico/100 g lúcuma bs)	
		pMF	MF
A1	R1	5.5249	2.5048
A1	R2	5.8467	2.2018
A1	R3	5.4521	2.1151
A2	R1	2.0916	1.5983
A2	R2	1.9119	1.4672
A2	R3	2.0311	1.6416
A3	R1	2.0807	1.3742
A3	R2	2.6686	1.2176
A3	R3	2.1841	1.3608
A4	R1	3.0001	1.6922
A4	R2	2.6145	1.9086
A4	R3	3.1416	2.1754

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 30: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PECTINA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Pectina total- Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	12.4564	1	12.4564	29.02	0.0000
B: bloque	18.335	3	6.11168	14.24	0.0000
Residuos	8.15477	19	0.429198		
Total (corregido)	38.9462	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Pectina total por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	1.77147	0.18912	X
Previo a la madurez fisiológica	12	3.21233	0.18912	X

Tabla ANOVA para Pectina total por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	38.263	7	5.46614	128.01	0.0000
Intra grupos	0.683233	16	0.0427021		
Total (Corr.)	38.9462	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Pectina total por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 MF	3	1.31753	X
A2 MF	3	1.56903	XX
A4 MF	3	1.9254	XX
A2 pMF	3	2.01153	XX
A1 MF	3	2.2739	X
A3 pMF	3	2.31113	X
A4 pMF	3	2.91873	X
A1 pMF	3	5.6079	X

ANEXO 31: CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA INSOLUBLE, FIBRA DIETARIA SOLUBLE Y FIBRA DIETARIA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		pMF			MF		
		Fibra insoluble (g/100 g bs)	Fibra soluble (g/100 g bs)	Fibra total (g/100 g bs)	Fibra insoluble (g/100 g bs)	Fibra soluble (g/100 g bs)	Fibra total (g/100 g bs)
A1	R1	20.8827	1.5049	22.3876	14.6397	2.3986	17.0383
A1	R2	21.0187	1.5867	22.6054	12.6884	1.8392	14.5276
A2	R1	18.1679	2.2735	20.4414	15.7552	2.4472	18.2024
A2	R2	17.4692	2.2402	19.7094	14.7031	3.2517	17.9548
A3	R1	18.6059	0.5982	19.2041	15.5132	3.9191	19.4323
A3	R2	18.4473	0.6825	19.1298	15.0808	2.7920	17.8728
A4	R1	20.4379	0.4514	20.8894	15.6436	2.5771	18.2207
A4	R2	20.1909	0.5551	20.7461	16.2049	3.1967	19.4016

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2

ANEXO 32: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FIBRA INSOLUBLE DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Fibra insoluble - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	76.5258	1	76.5258	52.67	0.0000
B: bloque	5.58382	3	1.86127	1.28	0.3291
Residuos	15.9829	11	1.45299		
Total (corregido)	98.0925	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra insoluble por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	8	15.0286	0.426174	X
Previo a la madurez fisiológica	8	19.4026	0.426174	X

Tabla ANOVA para fibra insoluble por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	95.0878	7	13.584	36.17	0.0000
Intra grupos	3.00468	8	0.375585		
Total (Corr.)	98.0925	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para fibra insoluble por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	2	13.6641	X
A2 MF	2	15.2292	X
A3 MF	2	15.297	X
A4 MF	2	15.9242	XX
A2 pMF	2	17.8186	XX
A3 pMF	2	18.5266	XX
A4 pMF	2	20.3144	X
A1 pMF	2	20.9507	X

ANEXO 33: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FIBRA SOLUBLE DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Fibra soluble - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	9.81115	1	9.81115	20.59	0.0008
B: bloque	1.70209	3	0.567364	1.19	0.3582
Residuos	5.2426	11	0.4766		
Total (corregido)	16.7558	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra soluble por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	8	1.23656	0.24408	X
Madurez fisiológica	8	2.8027	0.24408	X

Tabla ANOVA para Fibra soluble por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	15.4358	7	2.20512	13.36	0.0008
Intra grupos	1.32003	8	0.165004		
Total (Corr.)	16.7558	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra soluble por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 pMF	2	0.50325	X
A3 pMF	2	0.64035	XX
A1 pMF	2	1.5458	XXX
A1 MF	2	2.1189	XXX
A2 pMF	2	2.25685	XX
A2 MF	2	2.84945	XX
A4 MF	2	2.8869	XX
A3 MF	2	3.35555	X

ANEXO 34: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FIBRA DIETARIA TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Fibra total - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	31.5358	1	31.5358	12.75	0.0044
B: bloque	1.90236	3	0.634121	0.26	0.8553
Residuos	27.2146	11	2.47406		
Total (corregido)	60.6528	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra total por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	8	17.8313	0.556109	X
Previo a la madurez fisiológica	8	20.6391	0.556109	X

Tabla ANOVA para Fibra total por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	55.2524	7	7.8932	11.69	0.0012
Intra grupos	5.4004	8	0.67505		
Total (Corr.)	60.6528	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra total por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	2	15.783	X
A2 MF	2	18.0786	XX
A3 MF	2	18.6526	XX
A4 MF	2	18.8111	XX
A3 pMF	2	19.167	X
A2 pMF	2	20.0754	XX
A4 pMF	2	20.8177	XX
A1 pMF	2	22.4965	X

ANEXO 35: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – K DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para K - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.00934159	1	0.00934159	1.80	0.2719
B: bloque	0.01003	3	0.00334333	0.65	0.6362
Residuos	0.0155449	3	0.00518164		
Total (corregido)	0.0349165	7			

Pruebas de Múltiple Rangos para K por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	4	0.986317	0.0359918	X
Previo a la madurez fisiológica	4	1.05466	0.0359918	X

ANEXO 36: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – CA DE FRUTOS DE LÚCUMA EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ca - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.00052202	1	0.00052202	32.70	0.0106
B: bloque	0.0000575639	3	0.000019188	1.20	0.4417
Residuos	0.000047886	3	0.000015962		
Total (corregido)	0.000627469	7			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ca por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	4	0.0611986	0.00199762	X
Previo a la madurez fisiológica	4	0.0773544	0.00199762	X

ANEXO 37: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MG DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Mg - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.0000170098	1	0.0000170098	1.21	0.3512
B: bloque	0.0000361237	3	0.0000120412	0.86	0.5484
Residuos	0.0000420782	3	0.0000140261		
Total (corregido)	0.0000952117	7			

Pruebas de Múltiple Rangos para Mg por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	4	0.0305993	0.00187257	X
Previo a la madurez fisiológica	4	0.0335156	0.00187257	X

ANEXO 38: CONTENIDO DE FRUCTOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g fructosa/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	5.0816	5.1232
A1	R2	4.6168	5.1561
A1	R3	5.2207	5.3367
A2	R1	4.8812	4.6202
A2	R2	4.1976	5.4904
A2	R3	4.2466	5.4849
A3	R1	3.8967	4.8407
A3	R2	3.7525	4.6929
A3	R3	4.1676	3.6754
A4	R1	4.5926	4.2784
A4	R2	4.7193	3.9592
A4	R3	4.4838	4.1695

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 39: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – FRUCTOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Fructosa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.367686	1	0.367686	2.18	0.1565
B: bloque	3.153	3	1.051	6.22	0.0040
Residuos	3.20978	19	0.168936		
Total (corregido)	6.73047	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fructosa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	4.48808	0.118651	X
Madurez fisiológica	12	4.73563	0.118651	X

Tabla ANOVA para Fructosa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.73724	7	0.676749	5.43	0.0025
Intra grupos	1.99322	16	0.124576		
Total (Corr.)	6.73047	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Fructosa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3 pMF	3	3.93893	X
A4 MF	3	4.1357	XX
A3 MF	3	4.403	XXX
A2 pMF	3	4.4418	XXX
A4 pMF	3	4.59857	XXX
A1 pMF	3	4.97303	XX
A2 MF	3	5.1985	X
A1 MF	3	5.20533	X

ANEXO 40: CONTENIDO DE GLUCOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g glucosa/100g muestra bs	
		pMF	MF
A1	R1	9.9228	7.1467
A1	R2	9.8492	7.2732
A1	R3	10.7848	7.1960
A2	R1	7.7763	7.2743
A2	R2	7.8536	8.1514
A2	R3	8.0137	8.2779
A3	R1	7.1097	7.4473
A3	R2	7.1298	7.3263
A3	R3	7.6463	6.6702
A4	R1	8.7053	6.5178
A4	R2	9.0035	6.1883
A4	R3	8.6595	6.3551

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 41: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – GLUCOSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Glucosa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	11.5232	1	11.5232	17.42	0.0005
B: bloque	7.1327	3	2.37757	3.59	0.0328
Residuos	12.5672	19	0.661431		
Total (corregido)	31.2231	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Glucosa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	7.15204	0.234775	X
Previo a la madurez fisiológica	12	8.53787	0.234775	X

Tabla ANOVA para Glucosa por Muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	29.3881	7	4.1983	36.61	0.0000
Intra grupos	1.83501	16	0.114688		
Total (Corr.)	31.2231	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Glucosa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 MF	3	6.35373	X
A3 MF	3	7.14793	XX
A1 MF	3	7.2053	XX
A3 pMF	3	7.29527	XX
A2 pMF	3	7.8812	XX
A2 MF	3	7.9012	XX
A4 pMF	3	8.78943	X
A1 pMF	3	10.1856	X

ANEXO 42: CONTENIDO DE SACAROSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g sacarosa/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	4.2575	5.3385
A1	R2	4.0354	6.2488
A1	R3	2.9881	4.6481
A2	R1	6.2951	3.7027
A2	R2	5.5856	3.8062
A2	R3	5.3424	3.2977
A3	R1	5.2981	3.5544

«continuación»

A3	R2	5.4582	4.7266
A3	R3	5.2698	4.3560
A4	R1	5.2095	4.8466
A4	R2	5.6565	4.7577
A4	R3	5.3395	4.8756

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 43: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – SACAROSA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Sacarosa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	1.80226	1	1.80226	2.24	0.1505
B: bloque	0.965191	3	0.32173	0.40	0.7541
Residuos	15.256	19	0.80295		
Total (corregido)	18.0235	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Sacarosa por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	4.51324	0.258674	X
Previo a la madurez fisiológica	12	5.06131	0.258674	X

Tabla ANOVA para Sacarosa por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14.3287	7	2.04696	8.86	0.0002
Intra grupos	3.69476	16	0.230923		
Total (Corr.)	18.0235	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Sacarosa por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A2 MF	3	3.6022	X
A1 pMF	3	3.76033	X
A3 MF	3	4.21233	XX
A4 MF	3	4.82663	XXX
A3 pMF	3	5.34203	XX
A4 pMF	3	5.40183	XX
A1 MF	3	5.4118	XX
A2 pMF	3	5.74103	X

ANEXO 44: CONTENIDO DE *MYO*-INOSITOL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g <i>myo</i> -inositol/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	0.4807	0.3014
A1	R2	0.5130	0.3756
A1	R3	0.4809	0.2754
A2	R1	0.4040	0.3277
A2	R2	0.4401	0.4042
A2	R3	0.4110	0.3701
A3	R1	0.4102	0.3385
A3	R2	0.4094	0.3039
A3	R3	0.4133	0.3063
A4	R1	0.4113	0.2674
A4	R2	0.4351	0.2662
A4	R3	0.4450	0.2690

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 45: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MYO-INOSITOL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para *Myo*-inositol - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.0873989	1	0.0873989	62.98	0.0000
B: bloque	0.0118205	3	0.00394016	2.84	0.0654
Residuos	0.0263672	19	0.00138775		
Total (corregido)	0.125587	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para *Myo*-inositol por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.317142	0.0107539	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.437833	0.0107539	X

Tabla ANOVA para *Myo*-inositol por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.114458	7	0.0163512	23.51	0.0000
Intra grupos	0.0111282	16	0.00069551		
Total (Corr.)	0.125587	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para *Myo*-inositol por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 MF	3	0.267533	X
A3 MF	3	0.316233	XX
A1 MF	3	0.317467	XX
A2 MF	3	0.367333	XX
A3 pMF	3	0.410967	X
A2 pMF	3	0.418367	XX
A4 pMF	3	0.430467	XX
A1 pMF	3	0.491533	X

ANEXO 46: CONTENIDO DE ÁCIDO CÍTRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g ác. cítrico/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	0.1717	0.0724
A1	R2	0.1710	0.0569
A1	R3	0.1717	0.0574
A2	R1	0.1130	0.1638
A2	R2	0.1128	0.1684
A2	R3	0.1142	0.1682
A3	R1	0.0855	0.0846
A3	R2	0.0853	0.0857
A3	R3	0.0861	0.0857
A4	R1	0.0908	0.1251
A4	R2	0.1116	0.1109
A4	R3	0.1141	0.1121

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 47: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO CÍTRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido cítrico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.000777482	1	0.000777482	0.67	0.4247
B: bloque	0.00905545	3	0.00301848	2.58	0.0834
Residuos	0.0221976	19	0.00116829		
Total (corregido)	0.0320305	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido cítrico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.1076	0.00986701	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.118983	0.00986701	X

Tabla ANOVA para Ácido cítrico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0314079	7	0.00448685	115.31	0.0000
Intra grupos	0.0006226	16	0.0000389125		
Total (Corr.)	0.0320305	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido cítrico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	3	0.0622333	X
A3 MF	3	0.0853333	X
A3 pMF	3	0.0856333	X
A4 pMF	3	0.1055	X
A2 pMF	3	0.113333	X
A4 MF	3	0.116033	X
A2 MF	3	0.1668	X
A1 pMF	3	0.171467	X

ANEXO 48: CONTENIDO DE ÁCIDO QUÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g ác. quínico/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	0.6867	0.2894
A1	R2	0.6270	0.2846
A1	R3	0.5724	0.3443
A2	R1	0.7908	0.2184
A2	R2	0.5642	0.2807
A2	R3	0.6849	0.2243
A3	R1	0.2564	0.2539

«continuación»

A3	R2	0.2559	0.2571
A3	R3	0.2583	0.2571
A4	R1	0.1815	0.1251
A4	R2	0.1674	0.1109
A4	R3	0.1711	0.1121

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 49: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO QUÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido quínico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.251884	1	0.251884	20.36	0.0002
B: bloque	0.45392	3	0.151307	12.23	0.0001
Residuos	0.235064	19	0.0123718		
Total (corregido)	0.940868	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido quínico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.229825	0.0321089	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.434717	0.0321089	X

Tabla ANOVA para Ácido quínico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.903814	7	0.129116	55.75	0.0000
Intra grupos	0.0370539	16	0.00231587		
Total (Corr.)	0.940868	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido quínico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 MF	3	0.116033	X
A4 pMF	3	0.173333	XX
A2 MF	3	0.241133	XX
A3 MF	3	0.256033	X
A3 pMF	3	0.256867	X
A1 MF	3	0.3061	X
A1 pMF	3	0.6287	X
A2 pMF	3	0.679967	X

ANEXO 50: CONTENIDO DE ÁCIDO MÁLICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g ác. málico/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	0.6480	0.2534
A1	R2	0.6455	0.2421
A1	R3	0.6482	0.2010
A2	R1	0.3638	0.3723
A2	R2	0.2911	0.4230
A2	R3	0.3462	0.4279
A3	R1	0.3635	0.4525
A3	R2	0.3628	0.3806
A3	R3	0.3663	0.4582
A4	R1	0.2467	0.2876
A4	R2	0.2527	0.2913
A4	R3	0.2584	0.3207

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 51: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO MÁLICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido málico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	0.0194143	1	0.0194143	1.38	0.2552
B: bloque	0.0863583	3	0.0287861	2.04	0.1422
Residuos	0.267931	19	0.0141016		
Total (corregido)	0.373704	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido málico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.34255	0.0342803	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.399433	0.0342803	X

Tabla ANOVA para Ácido málico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.362932	7	0.0518474	77.01	0.0000
Intra grupos	0.0107722	16	0.000673263		
Total (Corr.)	0.373704	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido málico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	3	0.232167	X
A4 pMF	3	0.2526	X
A4 MF	3	0.299867	XX
A2 pMF	3	0.3337	X
A3 pMF	3	0.3642	XX
A2 MF	3	0.407733	X
A3 MF	3	0.430433	X
A1 pMF	3	0.647233	X

ANEXO 52: CONTENIDO DE ÁCIDO SUCCÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		g ác. succínico/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	0.4006	ND
A1	R2	0.3990	ND
A1	R3	0.3435	ND
A2	R1	ND	0.0546
A2	R2	ND	0.0561
A2	R3	ND	0.0561
A3	R1	ND	ND
A3	R2	ND	ND
A3	R3	ND	ND
A4	R1	0.0908	ND
A4	R2	0.1116	ND
A4	R3	0.1141	ND

ND: No detectado.

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 53: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO SUCCÍNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido succínico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.0696388	1	0.0696388	7.70	0.0121
B: bloque	0.128896	3	0.0429654	4.75	0.0123
Residuos	0.171916	19	0.00904823		
Total (corregido)	0.370451	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido succínico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.0139	0.0274594	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.121633	0.0274594	X

Tabla ANOVA para Ácido succínico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.184315	2	0.0921577	226.32	0.0000
Intra grupos	0.00244317	6	0.000407194		
Total (Corr.)	0.186759	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido succínico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A2 MF	3	0.0556	X
A4 pMF	3	0.1055	X
A1 pMF	3	0.381033	X

ANEXO 54: CONTENIDO DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO (AA) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		mg AA/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	34.9055	52.3863
A1	R2	34.8638	54.4207
A1	R3	33.7833	54.2892
A2	R1	38.4310	45.2331
A2	R2	35.2339	56.7855
A2	R3	37.2304	46.6652
A3	R1	41.6279	50.5778
A3	R2	41.8692	51.5738
A3	R3	40.3746	51.5802
A4	R1	35.3667	59.4223
A4	R2	34.0705	59.6727
A4	R3	33.6340	59.4788

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 55: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO L-ASCÓRBICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido ascórbico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	1678.27	1	1678.27	105.64	0.0000
B: bloque	54.6047	3	18.2016	1.15	0.3562
Residuos	301.857	19	15.8872		
Total (corregido)	2034.73	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido ascórbico por estado Fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	36.7826	1.15062	X
Madurez fisiológica	12	53.5071	1.15062	X

Tabla ANOVA para Ácido ascórbico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1943.19	7	277.598	48.52	0.0000
Intra grupos	91.54	16	5.72125		
Total (Corr.)	2034.73	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido ascórbico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 pMF	3	34.3571	X
A1 pMF	3	34.5175	X
A2 pMF	3	36.9651	XX
A3 pMF	3	41.2906	X
A2 MF	3	49.5613	X
A3 MF	3	51.2439	X
A1 MF	3	53.6987	XX
A4 MF	3	59.5246	X

ANEXO 56: CONTENIDO DE ÁCIDO DEHIDROASCÓRBICO (DHAA) DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		mg DHAA/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	7.0867	2.2300
A1	R2	6.3045	2.5958
A1	R3	6.6109	2.4526
A2	R1	11.4133	0.3714
A2	R2	10.7895	0.4209
A2	R3	10.7532	0.5020
A3	R1	6.2911	1.2045
A3	R2	6.9564	1.2812
A3	R3	7.1160	0.9680
A4	R1	8.7157	9.7579
A4	R2	10.0152	9.3562
A4	R3	10.1810	9.7979

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 57: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO DEHIDROASCÓRBICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido DHAA - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	156.545	1	156.545	33.92	0.0000
B: bloque	117.27	3	39.0902	8.47	0.0009
Residuos	87.6768	19	4.61457		
Total (corregido)	361.493	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido DHAA por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	3.41153	0.620119	X
Previo a la madurez fisiológica	12	8.51946	0.620119	X

Tabla ANOVA para Ácido dehidroascórbico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	358.987	7	51.2838	327.43	0.0000
Intra grupos	2.50602	16	0.156626		
Total (Corr.)	361.493	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido dehidroascórbico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A2 MF	3	0.431433	X
A3 MF	3	1.15123	X
A1 MF	3	2.42613	X
A1 pMF	3	6.66737	X
A3 pMF	3	6.78783	X
A4 pMF	3	9.6373	X
A4 MF	3	9.63733	X
A2 pMF	3	10.9853	X

ANEXO 58: CONTENIDO DE VITAMINA C TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		mg Vit C total/100 g lúcuma bs	
		pMF	MF
A1	R1	41.9922	54.6163
A1	R2	41.1682	57.0164
A1	R3	40.3942	56.7418
A2	R1	49.8443	45.6045
A2	R2	46.0233	57.2064
A2	R3	47.9837	47.1672
A3	R1	47.9190	51.7823

«continuación»

A3	R2	48.8256	52.8550
A3	R3	47.4906	52.5482
A4	R1	44.0824	69.1802
A4	R2	44.0858	69.0288
A4	R3	43.8150	69.2766

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 59: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – VITAMINA C TOTAL DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Vitamina C - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	809.675	1	809.675	25.54	0.0001
B: bloque	247.582	3	82.5273	2.60	0.0819
Residuos	602.366	19	31.7035		
Total (corregido)	1659.62	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Vitamina C por estado Fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	45.302	1.62541	X
Madurez fisiológica	12	56.9186	1.62541	X

Tabla ANOVA para Vitamina C por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1566.7	7	223.814	38.54	0.0000
Intra grupos	92.9265	16	5.80791		
Total (Corr.)	1659.62	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Vitamina C por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 pMF	3	41.1849	X
A4 pMF	3	43.9944	XX
A2 pMF	3	47.9504	XXX
A3 pMF	3	48.0784	XX
A2 MF	3	49.9927	XXX
A3 MF	3	52.3952	XX
A1 MF	3	56.1248	X
A4 MF	3	69.1619	X

ANEXO 60: CONTENIDO DEL ÁCIDO PALMÍTICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Ác. palmítico C16:0 (mg/100 g bs)	
		pMF	MF
A1	R1	1.9661	1.4103
A1	R2	1.7189	1.4369
A1	R3	1.9270	1.3857
A2	R1	1.6732	1.2977
A2	R2	2.2732	1.8000
A2	R3	1.5471	1.7226
A3	R1	2.0409	1.7460
A3	R2	2.0409	1.7386
A3	R3	2.0409	1.6952
A4	R1	1.6184	1.5729
A4	R2	1.4325	1.3651
A4	R3	1.3443	1.5551

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 61: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO PALMÍTICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido palmítico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	0.349764	1	0.349764	8.94	0.0075
B: bloque	0.504062	3	0.168021	4.29	0.0179
Residuos	0.743669	19	0.0391405		
Total (corregido)	1.5975	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido palmítico por estado Fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	1.56051	0.0571113	X
Previo a la madurez fisiológica	12	1.80195	0.0571113	X

Tabla ANOVA para Ácido palmítico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.04636	7	0.149479	4.34	0.0072
Intra grupos	0.55114	16	0.0344463		
Total (Corr.)	1.5975	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido palmítico por Muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	3	1.41097	X
A4 pMF	3	1.46507	X
A4 MF	3	1.4977	X
A2 MF	3	1.60677	XX
A3 MF	3	1.7266	XX
A2 pMF	3	1.83117	XX
A1 pMF	3	1.87067	XX
A3 pMF	3	2.0409	X

ANEXO 62: CONTENIDO DEL ÁCIDO ESTEÁRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Ác. esteárico C18:0 (mg/100 g bs)	
		pMF	MF
A1	R1	0.5553	0.1674
A1	R2	0.5223	0.1936
A1	R3	0.5771	0.1414
A2	R1	0.3415	0.2506
A2	R2	0.4330	0.2818
A2	R3	0.4127	0.2913
A3	R1	0.5084	0.2503
A3	R2	0.5084	0.2613
A3	R3	0.5084	0.2556
A4	R1	0.3453	0.2615
A4	R2	0.3722	0.2222
A4	R3	0.3715	0.2451

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 63: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO ESTEÁRICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido esteárico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Estado Fisiológico	0.289082	1	0.289082	67.52	0.0000
B: bloque	0.0206908	3	0.00689694	1.61	0.2200
Residuos	0.0813439	19	0.00428126		
Total (corregido)	0.391116	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido esteárico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado Fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.235175	0.0188884	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.454675	0.0188884	X

Tabla ANOVA para Ácido esteárico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.381397	7	0.0544853	89.69	0.0000
Intra grupos	0.0097195	16	0.000607469		
Total (Corr.)	0.391116	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido esteárico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	3	0.167467	X
A4 MF	3	0.242933	X
A3 MF	3	0.255733	X
A2 MF	3	0.274567	X
A4 pMF	3	0.363	X
A2 pMF	3	0.395733	X
A3 pMF	3	0.5084	X
A1 pMF	3	0.551567	X

ANEXO 64: CONTENIDO DEL ÁCIDO OLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Ác. oleico C18:1 (c9) (mg/100 g bs)	
		pMF	MF
A1	R1	0.9854	0.6880
A1	R2	0.9005	0.5638
A1	R3	1.0020	0.8133
A2	R1	0.8280	0.7256
A2	R2	1.1074	0.8155
A2	R3	0.7607	0.8499

«continuación»

A3	R1	1.0657	0.7798
A3	R2	1.0657	0.7800
A3	R3	1.0657	0.7771
A4	R1	0.9077	0.9433
A4	R2	0.7924	0.7218
A4	R3	0.7495	0.8173

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 65: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO OLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Ácido oleico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.1593	1	0.1593	12.43	0.0023
B: bloque	0.0392569	3	0.0130856	1.02	0.4054
Residuos	0.24352	19	0.0128169		
Total (corregido)	0.442077	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido oleico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.77295	0.0326814	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.935892	0.0326814	X

Tabla ANOVA para Ácido oleico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.291108	7	0.0415868	4.41	0.0067
Intra grupos	0.150969	16	0.00943559		
Total (Corr.)	0.442077	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido oleico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A1 MF	3	0.688367	X
A3 MF	3	0.778967	X
A2 MF	3	0.797	XX
A4 pMF	3	0.816533	XX
A4 MF	3	0.827467	XX
A2 pMF	3	0.8987	XX
A1 pMF	3	0.962633	XX
A3 pMF	3	1.0657	X

ANEXO 66: CONTENIDO DEL ÁCIDO LINOLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Ác. linoleico C18:2 (c9,c12) (mg/100 g bs)	
		pMF	MF
A1	R1	1.0654	0.8033
A1	R2	0.9857	0.7693
A1	R3	1.0919	0.8385
A2	R1	0.7561	0.4655
A2	R2	1.0568	0.6263
A2	R3	0.8320	0.6280
A3	R1	0.9728	0.7024
A3	R2	0.9728	0.7207
A3	R3	0.9728	0.7268
A4	R1	0.7486	0.5642
A4	R2	0.6110	0.5242
A4	R3	0.6675	0.5897

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 67: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO LINOLEICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para ácido linoleico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.320744	1	0.320744	52.17	0.0000
B: bloque	0.327381	3	0.109127	17.75	0.0000
Residuos	0.116806	19	0.0061477		
Total (corregido)	0.764931	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para ácido linoleico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	0.663242	0.0226342	X
Previo a la madurez fisiológica	12	0.89445	0.0226342	X

Tabla ANOVA para Ácido linoleico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.678028	7	0.0968611	17.83	0.0000
Intra grupos	0.0869033	16	0.00543145		
Total (Corr.)	0.764931	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido linoleico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 MF	3	0.559367	X
A2 MF	3	0.573267	X
A4 pMF	3	0.6757	XX
A3 MF	3	0.716633	XX
A1 MF	3	0.8037	XX
A2 pMF	3	0.881633	XXX
A3 pMF	3	0.9728	XX
A1 pMF	3	1.04767	X

ANEXO 68: CONTENIDO DEL ÁCIDO LINOLÉNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		Ác. linolénico C18:3 (c9,c12,c15) (mg/100 g bs)	
		pMF	MF
A1	R1	3.1230	2.5723
A1	R2	2.6219	2.6341
A1	R3	2.9627	2.5139
A2	R1	2.8205	2.2679
A2	R2	3.9273	3.0382
A2	R3	2.6176	2.8987
A3	R1	3.4481	2.8197
A3	R2	3.4481	2.7974
A3	R3	3.4481	2.7717
A4	R1	2.7906	2.9288
A4	R2	2.2443	2.2607
A4	R3	2.2155	2.6216

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 69: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ÁCIDO LINOLÉNICO DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para linolénico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.522947	1	0.522947	4.04	0.0588
B: bloque	1.23385	3	0.411283	3.18	0.0476
Residuos	2.4575	19	0.129342		
Total (corregido)	4.2143	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para linolénico por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Madurez fisiológica	12	2.67708	0.10382	X
Previo a la madurez fisiológica	12	2.97231	0.10382	X

Tabla ANOVA para Ácido linolénico por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.31054	7	0.330077	2.77	0.0431
Intra grupos	1.90376	16	0.118985		
Total (Corr.)	4.2143	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido linolénico por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 PMF	3	2.4168	X
A1 MF	3	2.57343	XX
A4 MF	3	2.6037	XX
A2 MF	3	2.73493	XX
A3 MF	3	2.79627	XX
A1 PMF	3	2.90253	XX
A2 PMF	3	3.1218	XX
A3 PMF	3	3.4481	X

ANEXO 70: ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Muestra		U/g bs	
		pMF	MF
A1	R1	0.170	0.094
A1	R2	0.148	0.089
A1	R3	0.168	0.095
A2	R1	0.067	0.113
A2	R2	0.071	0.107
A2	R3	0.067	0.120
A3	R1	0.052	0.090
A3	R2	0.052	0.091
A3	R3	0.049	0.098
A4	R1	0.017	0.107
A4	R2	0.019	0.088
A4	R3	0.021	0.085

A1=árbol 1, A2=árbol 2, A3=árbol 3, A4=árbol 4

R1=repetición 1, R2=repetición 2, R3=repetición 3

ANEXO 71: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA DE FRUTOS DE LÚCUMA COSECHADOS EN ESTADO PREVIO A LA MADUREZ FISIOLÓGICA (pMF) Y COSECHADOS EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA (MF) PROVENIENTES DE CUATRO ÁRBOLES (A1, A2, A3 Y A4)

Análisis de Varianza para Actividad PG - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Estado fisiológico	0.003174	1	0.003174	3.22	0.0889
B: bloque	0.0168988	3	0.00563294	5.71	0.0058
Residuos	0.018757	19	0.000987211		
Total (corregido)	0.0388298	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad PG por estado fisiológico

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Estado fisiológico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Previo a la madurez fisiológica	12	0.0750833	0.00907015	X
Madurez fisiológica	12	0.0980833	0.00907015	X

Tabla ANOVA para Actividad PG por Muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0380812	7	0.00544017	116.26	0.0000
Intra grupos	0.000748667	16	0.0000467917		
Total (Corr.)	0.0388298	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad PG por muestra

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4 pMF	3	0.019	X
A3 pMF	3	0.051	X
A2 pMF	3	0.0683333	X
A1 MF	3	0.0926667	X
A3 MF	3	0.093	X
A4 MF	3	0.0933333	X
A2 MF	3	0.113333	X
A1 pMF	3	0.162	X