CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO, A. C.

EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRUTOS DE PAPAYA (*Carica papaya Linnaeus*)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA EN LA ESPECIALIDAD DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES

PRESENTA

BIOL. YVONNE ROMAN MALDONADO

GUADALAJARA, JAL. 8 SEPTIEMBRE 2017

DEDICATORIA

A mi familia, en especial mi mamá, mi hermana y mi abuelito, por apoyarme en todo momento y nunca dudar de mí.

A mis tías Viri y Chepa porque a pesar de estar lejos, todas las mañanas me hacían sentir que están siempre conmigo.

A las personas que creen en mí y que forman parte importante de mi vida.

A mi papá que aunque ya no está, es uno de mis ejemplos a seguir.

Sin duda alguna a Dios.

AGRADECIMIENTOS

Durante estos dos años, son muchas las personas que de alguna manera contribuyeron a este trabajo, quisiera agradecer a todas ellas por su apoyo y ayuda científica y personal.

A Dios por estar conmigo siempre, por ser esa fuerza que me impulsaba cuando más confundida me sentía.

A mi mamá por ser el mejor ejemplo a seguir, por enseñarme que siempre se puede salir adelante, por su cariño y apoyo incondicional, por ayudarme a levantarme cuando me sentía confundida y sola, pero sobre todo, por enfocarme siempre en lo que realmente importa en la vida.

A mi hermana por ser esa voz de aliento que necesito todos los días de mi vida, por escuchar mis frustraciones y por enseñarme que todo se puede, por su enorme cariño y estar siempre para mí.

A mi abuelito por siempre pedir a Dios por mí, su cariño y ser un gran ejemplo, por sus porras y sobre todo que jamás dudó de mí. A mi abuelita que me dejó un ejemplo extraordinario de siempre ayudar a los demás y luchar por más difícil que parezca.

A mi tía Viri por ayudarme en todo momento, por tu gran conocimiento y ser esa cabeza extra de ideas y apoyo que me hacía avanzar aunque me costara trabajo, gracias por explicarme y ayudarme a estudiar muchas cosas nuevas para mí, gracias por tu cariño y consentirme tanto.

A mi tía Chepa por ser mi reloj de todas las mañanas, por hacer que empezara bien mí día con un buen chiste matutino, gracias por tu cariño y optimismo y hacerme sentir que mi familia me apoya desde lejos.

A mi familia por sus palabras de aliento, cariño y apoyo.

A todos mis amigos de generación, en especial a Janet por la paciencia de explicarme las cosas una y otra vez, a Vale, Felipe, Luzmy, Diego, Sandy, Anahí por hacerme las tardes más amenas y divertidas. A Dani y Miriam por haberme ayudado tanto con el mundo de papayas, gracias por haber sido ese juego de manos extras que necesité y me ayudaron en el laboratorio.

A mis compañeros y amigos con la doctora, Toño, Sergio, Pili, Nancy, Ana, Kary, Hilda, Lore por haber hecho que todos los días en CIATEJ hubiera un motivo para reírme, gracias por explicarme muchas cosas una y otra vez, gracias por las explicaciones estadísticas y sensoriales que nunca estuvieron de más, gracias por su tiempo de escucharme y querer ayudarme siempre.

Gracias infinitas a la Doctora Socorro Villanueva Rodríguez por haberme dado la oportunidad, por haberme enseñado un nuevo mundo sensorial y estadístico, gracias por esas horas extras de clases, por ser un tan buen ejemplo a seguir como investigadora y por su paciencia infinita de explicarme cosas una y otra vez, por su tiempo y esfuerzo invertido en la dirección de mi tesis, gracias doctora por haberme enseñado que la ciencia aún es ciencia y que todavía existen personas humanas en ella.

A la doctora Antonia Gutiérrez Mora por haberme aceptado a desarrollar el proyecto, porque sin ese día en su oficina nada de esto hubiera sido posible, por su actitud amigable en todo momento y por llevarme a conocer otros lugares de México y esas prácticas calurosas en campo, gracias por su apoyo y cariño.

A todos los jueces sensoriales porque definitivamente sin ustedes no hubiera podido sacar adelante mi trabajo, por esas ganas de hacer las pruebas y sobre todo su dedicación, muchas gracias.

A CONACYT por la beca otorgada para poder llevar a cabo este trabajo.

A mis amigos externos, a Dani por escuchar mis presentaciones miles de veces, por ayudarme a no perder archivos de mi tesis, a Chris por sus terapias y sus horas de distracción, Alex, Wasave, Tere, Carito, Ruva y Canacho por ser esa familia cercana estando lejos de la mía, por siempre estar ahí, gracias por su amistad, apoyo y cariño incondicional.

No se puede vivir con miedo toda la vida. La vida es así: te caes, te levantas y te vuelves a caer. Pero, si ni siquiera te mueves por temor a caerte, en realidad, ya te has undido…

RESUMEN

En el 2008, México produjo 652,933.62 toneladas de papaya manteniéndose como primer exportador y segundo productor a nivel mundial. Actualmente diversas variedades de papaya son cultivadas alrededor del mundo incluyendo la variedad Maradol que ha tenido un gran éxito en producción y una gran demanda de consumo. Una de las etapas más importantes en el proceso de senescencia de los frutos es la maduración, un fenómeno fácilmente reconocible debido a los cambios morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y genéticos que sufre el fruto. Estas transformaciones se ven reflejadas en cambios fisiológicos como el color, sabor, aroma y textura del fruto, las cuales son características sensoriales perceptibles únicamente a través de los sentidos. Sin embargo, hasta el momento no existe una metodología que permita conocer la calidad sensorial de los frutos de papaya y su correlación con las propiedades físicas y químicas; por lo que, este trabajo tuvo como objetivo conformar un grupo de jueces sensoriales para evaluar algunas características físicas y químicas de frutos de papaya y generar un léxico de olor, textura y sabor con el fin de desarrollar un método estandarizado que permita describir de una manera objetiva frutos de diferentes variedades de papaya y su correlación con características fisicoquímicas. Se utilizaron frutos de 25 variedades diferentes de papaya cultivados en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Chiapas; se desarrollaron metodologías sensoriales e instrumentales para las mediciones físicas y químicas de los frutos. Durante el proyecto se obtuvo un grupo de 14 jueces repetibles, los cuales desarrollaron un léxico de olor (con descriptores de cebolla, ruda, barniz de uñas, papaya verde, papaya madura, chicle de plátano) de textura (cohesividad, firmeza y jugosidad de la pulpa) y sabor (papaya madura/ uva, chicle de plátano, barniz de uñas, cebolla/ruda, papaya verde/ látex, queso añejo/ fermentado y frutal así como la percepción del gusto dulce y amargo). La metodología desarrollada, los léxicos utilizados y la diversidad de variedades de papaya utilizadas, generaron una descripción objetiva de diferentes variedades de papaya, demostrando que los léxicos generados en este trabajo permiten conocer más a fondo el perfil sensorial de las papayas mexicanas. Los datos obtenidos y la metodología implementada pueden ser de gran ayuda para otros laboratorios involucrados con el control sensorial de la calidad de frutos.

CONTENIDO

1 ANTECEDENTES 1
1.1. Aspectos Botánicos 1
1.2. Producción y Consumo 1
1.3. Limitantes del cultivo de papaya 2
1.4. Valor nutricional de la papaya 4
1.5. Variedades de papaya 5
1.6. Calidad 5
1.7. Evaluación Sensorial 6
1.8. Mecanismos biológicos involucrados en la percepción sensorial 10
1.9. Maduración en frutos de papaya 13
1.9.1. Cambios en el olor 14
1.9.2. Cambios en el sabor 17
1.9.3. Cambios en la textura 19
1.9.4. Cambios en el color 21
1.10. Biosíntesis de los compuestos volátiles en papaya 23
1.10.1. Compuestos volátiles derivados de carotenoides 23
1.10.2. Compuestos volátiles derivados de lípidos 24
1.10.3. Compuestos volátiles derivados de aminoácidos 25
1.10.4. Compuestos volátiles derivados de carbohidratos 26
2 JUSTIFICACIÓN 27
3 HIPÓTESIS 28
4 OBJETIVOS 29
4.1. Objetivo General 29
4.2. Objetivos Específicos 29
5 METODOLOGÍA 30
5.1. Conformación de un grupo de jueces sensoriales para evaluar frutos de papaya 30
5.1.1. Pre-selección de los candidatos (ISO: 6658 1985) 31
5.1.2. Selección de los candidatos (ISO: 6658 2005) 31
5.1.3. Caracterización de la sensibilidad del instrumento mediante la detección de umbrales (ISO 3972:2001) 33
5.1.4. Entrenamiento de los jueces (ISO 8587:2006) 34

5.1.5. Calibración de los Jueces **39**

5.2. Implementar metodologías instrumentales para medir algunas de las propiedades físicas y químicas de los frutos de papaya. **43**

5.2.1. Mediciones Fisiológicas **43**

5.2.2. Mediciones Fisicoquímicas **44**

5.3. Descripción sensorial de diferentes variedades de papaya **47**

5.3.1. Descripción olor (15 variedades diferentes) **47**

5.3.2. Descripción textura (variedades Lote 2: A11-A20) **50**

5.3.3. Descripción sabor (variedades Lote 1: A1-A10) **50**

5.4. Medición sensorial de las características de frutos de papaya **51**

5.4.1. Perfil sensorial de olor(variedad Maradol) **51**

5.4.2. Perfil sensorial de textura (variedad Maradol) **52**

5.4.3. Perfil sensorial de sabor (variedad Maradol) **53**

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN **54**

6.1. Conformación de un grupo de jueces sensoriales para evaluar frutos de papaya **54**

6.1.1. Pre-selección de los candidatos (ISO: 6658 1985) **54**

6.1.2. Selección de los candidatos (ISO: 6658 2005) **54**

6.1.3. Caracterización de la sensibilidad del instrumento mediante la detección de umbrales (ISO 3972:2001) **55**

6.1.4. Umbrales Olfativos **58**

6.1.5. Entrenamiento de los jueces (ISO 8587:2006) **59**

6.1.6. Calibración de los jueces **68**

6.2. Implementación de las metodologías instrumentales para medir algunas de las propiedades físicas y químicas de los frutos de papaya. **75**

6.2.1. Mediciones Fisiológicas **75**

6.2.2. Mediciones Fisicoquímicas **79**

6.3. Descripción sensorial de diferentes variedades de papaya **97**

6.3.1. Descripción olor **97**

6.3.2. Descripción color (variedades Lote 1 A1:A10) **103**

6.3.3. Descripción textura (Lote 2 A11-A20) **107**

6.3.4. Descripción sabor (Lote 1 y 2 (A1-A20) **108**

6.4. Medición sensorial de las características de frutos de papaya **109**

6.4.1. Perfil sensorial de olor (variedad Maradol) **109**
6.4.2. Perfil sensorial de textura (variedad Maradol) **110**
6.4.3. Perfil sensorial del sabor (variedad Maradol) **113**
7 CONCLUSIONES **115**
8 PERSPECTIVAS **116**
9 RECOMENDACIONES **117**
10 BIBLIOGRAFÍA **118**
11 ANEXOS **1**

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Clasificación de los métodos de evaluación Sensorial 9
Imagen 2 Esquema de las mediciones fisiológicas de los frutos de papaya 44
Imagen 3 Frutos de papaya Royal y Sensación. **a)** Variedad Sensación. **b)** Variedad Royal. .47
Imagen 4 Frutos de papaya variedad G279 en 4 diferentes estados de madurez. **a)** Color de la cáscara de los frutos enteros **b)** Color de la pulpa. 48
Imagen 5 a) Frutos de papaya Variedad G260 **b)** Frutos de papaya variedad Maradol. 48
Imagen 6 Variedades A1-A10 de papaya de la empresa AGROMOD 49

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Identificación de los 4 gustos y la sensación astringente por los candidatos 54
Gráfica 2 Correlación de los compuestos volátiles de las muestras problema con las de referencia 55
Gráfica 3 Ordenamiento de la madurez de los frutos con base en la textura 64
Gráfica 4 Descripción de textura para frutos de papaya variedad G260 y G279 (M: evaluado en mano, B: evaluado en boca).....66
Gráfica 5 Ordenamiento de la madurez de frutos con base en el color. 68
Gráfica 6 Porcentaje de identificación de las notas de olor de los compuestos volátiles.....69
Gráfica 7 Mezcla 1. Identificación e Intensidad de 3 compuestos volátiles 70
Gráfica 8 Mezcla 2. Identificación e Intensidad de 3 compuestos volátiles 71
Gráfica 9 Promedio de la desviación estándar de los jueces en pruebas de repetibilidad.....72
Gráfica 10 Promedio de la desviación estándar del grupo de jueces para cada nota de olor ...73
Gráfica 11 Contenido de °Brix en frutos de papaya Maradol 80
Gráfica 12 Porcentaje de ácido cítrico presente en frutos Maradol.....81
Gráfica 13 Porcentaje de ácido málico presente en frutos Maradol 82
Gráfica 14 pH en frutos de papaya variedad Maradol.....83
Gráfica 15 Porcentaje de humedad en frutos de papaya.....84
Gráfica 16 Actividad de agua en frutos variedad Maradol.....85
Gráfica 17 ACP de ácidos identificados por CG-MS en frutos de papaya Maradol en diferentes estados de madurez. 88
Gráfica 18 ACP de terpenos identificados por GC-MS en frutos de papaya Maradol en diferente estado de madurez 89
Gráfica 19 ACP de ésteres, aldehídos y alcoholes identificados por GC-MS en frutos de papaya variedad Maradol en diferentes estados de madurez.....91
Gráfica 20 ACP de lactonas, cetonas, nitrilos y alcanos identificados por GC-.MS en frutos de papaya Maradol en diferentes estados de madurez. 93
Gráfica 21 Análisis de firmeza en frutos en madurez comercial y de consumo. **P1**: proveedor1, **P2**: proveedor2. 95
Gráfica 22 Análisis de Cohesividad en madurez comercial y de consumo. **P1**: proveedor1, **P2**: proveedor2. 96
Gráfica 23 Vocabulario utilizado para describir el olor de las variedades Royal y Sensación. 97
Gráfica 24 Vocabulario utilizado para describir el olor de las variedades G260 y G279. 98
Gráfica 25 Descripción de olor de frutos de papaya variedad G260 y G279 en diferentes estados de madurez (M1, M2, M3 Y M4 indican el grado de madurez del fruto). 99
Gráfica 26 Descriptores de olor para la variedad Maradol.....99
Gráfica 27 Descriptores de olor para 10 variedades.....100
Gráfica 28 Análisis de factores de correspondencias para el olor de 15 variedades. 102

Gráfica 29 Análisis de Factores. Efecto del estado de madurez sobre la apreciación del color de la cáscara de frutos en madurez fisiológica 103
Gráfica 30 Análisis de Factores. Efecto del estado de madurez sobre la apreciación del color de la cáscara de frutos en madurez comercial 104
Gráfica 31 Análisis de Factores Efecto del estado de madurez sobre la apreciación del color de la cáscara de frutos en madurez de consumo 105
Gráfica 32 Análisis de Factores para el color de la pulpa de 10 variedades diferentes 106
Gráfica 33 Análisis CATA de textura para 10 variedades de papaya 107
Gráfica 34 Análisis de factores de correspondencias para el sabor de 20 variedades de papaya 108
Gráfica 35 Perfil descriptivo de olor para la variedad Maradol en diferentes estados de Madurez. 109
Gráfica 36 Perfil descriptivo de Textura de frutos Maradol 111
Gráfica 37 Perfil descriptivo de sabor de frutos de papaya Maradol 113
Gráfica 39 Análisis de Componentes Principales de compuestos volátiles en frutos de papaya inmaduros 10
Gráfica 40 PCA de ácidos en frutos maduros de 10 variedades diferentes.....13
Gráfica 41 PCA de alcoholes en frutos maduros de 10 variedades diferentes.....14
Gráfica 42 PCA de ésteres y terpenos en frutos maduros de 10 variedades diferentes.....15
Gráfica 43 PCA de lactonas, cetonas, aldehídos, glucosinolatos y aminas en frutos maduros de 10 variedades diferentes.....16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales componentes de papaya ([a]Sasikala *et al.*, 2009; [b]Farhan, 2014). 4
Tabla 2 Principales compuestos volátiles y no volátiles relacionados con el sabor y olor encontrados en papaya (Farhan, 2014). 17
Tabla 3 Principales compuestos volátiles presentes en papaya Var. Maradol (Almora et al., 2004). 17
Tabla 4 Soluciones y concentraciones utilizadas en la prueba de sensibilidad 32
Tabla 5 Compuestos volátiles y concentraciones para la prueba de sensibilidad olfativa 32
Tabla 6 Compuestos y concentraciones utilizadas en las pruebas de umbrales olfativos y gustativos 33
Tabla 7 Diferentes variedades de papaya utilizadas durante el proyecto 35
Tabla 8 Compuestos volátiles presentes en frutos de papaya seleccionados para el entrenamiento de los jueces. 36
Tabla 9 Compuestos volátiles utilizados para las mezclas 42
Tabla 10 Referencias mínimas y máximas utilizadas en las pruebas de intensidad 43
Tabla 11 Referencias mínimas y máximas utilizadas en las pruebas de intensidad 51
Tabla 12 Léxico y referencias mínimas y máximas utilizadas para evaluar la intensidad 52
Tabla 13 Atributos y referencias utilizadas para la descripción del sabor 53
Tabla 14 Umbrales de percepción, identificación y diferenciación de los 4 gustos básicos 57
Tabla 15 Comparación de los umbrales de identificación de los cuatro gustos básicos con otras investigaciones 58
Tabla 16 Umbrales de percepción, identificación y diferencial para 4 compuestos volátiles presentes en la papaya. 59
Tabla 17 Primeros descriptores de olor utilizados por los jueces en la prueba A-no-A. 59
Tabla 18 Compuestos volátiles presentes en frutos de papaya seleccionados para el entrenamiento de los jueces. 60
Tabla 19 Vocabulario generado por los jueces para describir el olor de los 7 compuestos volátiles 61
Tabla 20 Vocabulario generado después del consenso 61
Tabla 21 Léxico final de olor desarrollado por los jueces sensoriales 63
Tabla 22 Primeros descriptores de textura generados por los Jueces al evaluar las Variedades Royal y Sensación 65
Tabla 23 Características elegidas para describir la textura de frutos de papaya 65
Tabla 24 Léxico final de textura para frutos de papaya 67
Tabla 25 Análisis de varianza de los valores de intensidad para conocer el desempeño de los jueces 74
Tabla 26 Interacción de 3 factores en pruebas de intensidad de notas de olor 74
Tabla 27 Mediciones fisiológicas del ancho y largo de frutos de 25 variedades de papaya 76
Tabla 28 Dimensiones de la cavidad ovárica de 25 variedades 77
Tabla 29 Grosor del mesocarpo de frutos de 25 variedades 78

Tabla 30 Resultados fisicoquímicos de variedad Maradol. ANOVA promedio (desviación estándar) n=9.Promedios con diferente letra en fila son estadísticamente diferentes. 79
Tabla 31 Compuestos volátiles identificados en frutos de papaya Maradol 85
Tabla 32 Análisis de varianza en el análisis de perfil de textura.....95
Tabla 33 Análisis de Varianza para los atributos de Textura de frutos Maradol en diferente estado de Madurez 112
Tabla 34 Intensidad de los atributos de textura para variedad Maradol y A3 112
Tabla 35 Intensidad de los atributos de sabor para variedad Maradol 114
Tabla 36 Compuestos Volátiles de papaya identificados por GC-MS 8
Tabla 37 Compuestos volátiles identificados por GC-MS en frutos de papaya maduros 11

ANEXOS

ANEXO 1 Cuestionario para la preselección de Jueces Analíticos 17
ANEXO 2 Prueba de Sensibilidad Gustativa 18
ANEXO 3 Prueba de Sensibilidad Olfativa 19
ANEXO 4 Prueba para la determinación de umbrales gustativos y olfativos 20
ANEXO 5 Prueba A-no-A para obtención de descriptores de olor 21
ANEXO 6 Prueba de identificación y cuantificación del olor de cada compuesto volátil 22
ANEXO 7 Prueba de identificación y asociación 23
ANEXO 8 Prueba descriptiva de textura y ordenamiento 24
ANEXO 9 Prueba A-no-A para obtención de descriptores de textura 25
ANEXO 10 Prueba de ordenamiento y color 26
ANEXO 11 Prueba de identificación de las muestras de olor 27
ANEXO 12 Prueba de Mezclas 28
ANEXO 13 Prueba Dúo-Trío 29
ANEXO 14 Prueba de Intensidad de olor 30
ANEXO 15 Prueba de intensidad de atributos de textura 32
ANEXO 16 Prueba de intensidad para el sabor 34
ANEXO 17 Prueba descriptiva olor 36
ANEXO 18 Prueba descriptiva 10 variedades 37
ANEXO 19 Prueba descriptiva de color 39
ANEXO 20 Pruebas CATA 40
ANEXO 21 Prueba descriptiva de sabor 42

1 ANTECEDENTES

1.1. Aspectos Botánicos

La papaya (*Carica papaya Linnaeus*) es una fruta tropical que pertenece a la familia *Caricaceae*, tiene su origen en América Central y México. Las poblaciones silvestres de papaya están presentes desde el sur de México hasta Belice y Guatemala (Antunes y Renner 2012). La familia *Caricaceae* está conformada por cuatro géneros (*Carica*, *Jacarilla*, *Cylicomorpha* y *Jacaratia)* y 71 especies, de las cuales 57 especies pertenecen al género *Carica* (Torres, 1985). La planta de papaya es de crecimiento rápido y se clasifica como una especie perenne, ya que puede llegar a vivir unos 20 años. Se considera una hierba arborescente porque es poco lignificada. A partir de los 10 meses que ha sido plantada la semilla se puede obtener el fruto el cual es una baya (contiene las semillas en una cavidad interna) de tamaño, peso y forma variable, dependiendo de la variedad llegan a medir de 10 a 60 cm de largo y pesar de 0.35 a 2.25 Kg. Las semillas son esféricas, pequeñas y negras, las cuales están envueltas en una capa mucilaginosa llamada sacrotesta, un fruto bien polinizado llega a tener entre 300 a 700 semillas (Rodríguez *et al*., 2014). El color de la pulpa varía de amarillo a rojo anaranjado, dependiendo de la variedad y el estado de madurez del fruto, la textura de la pulpa es suave con un espesor de 3 a 5 cm. La superficie del fruto suele tener cinco surcos poco profundos, el color de la cáscara se torna de verde oscuro a verde claro y durante la maduración se torna amarillo-dorado.

1.2. Producción y Consumo

El mercado de frutos tropicales ha tenido una gran demanda durante las últimas dos décadas, y su producción (excluyendo los plátanos) ha alcanzado 73.02 millones de toneladas a nivel mundial. La papaya se encuentra en el tercer lugar de la producción de frutas tropicales con el 15.36% del total, el segundo lugar lo ocupa la piña con el 26.58% y el primer lugar el mango (52.86%). La papaya se produce en 60 países, su producción entre el 2008 y 2010 fue lidereado por Asia con el 52.55%, seguido por América del Sur (23.09%), África (13.16%), América Central (9.56%), el caribe (1.38%), América del Norte (0.14%) y Oceanía (0.13%) (FAOSTAT 2012a). El mercado de exportación de papaya entre el 2007 y 2009 fue dominado por México, Brasil y Belice que juntos generaron el 63.28% de la exportación global. México es el líder en exportación de papaya, representando el 41% de la exportación global y el quinto productor a nivel mundial, con una producción en el 2010 cerca de 616,215 toneladas, en un

área de cosecha de 17,750 ha y con un rendimiento del fruto de 48.3 Ton/ha (SIAP y FAOSTAT 2009). El mercado internacional está dominado por México que exporta más de 130,000 Ton al principal consumidor mundial de papaya que es Estados Unidos.

Actualmente, en el mundo hay dos tipos de papayas que más se producen: las de tamaño pequeño (variedad Solo) papaya Hawaiana y las de tamaño grande (Maradol, Roja) papaya Mexicana. En México la papaya que más se produce es la Maradol. La mayoría de las plantaciones de papaya se encuentran en la parte Sur del país, en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Tabasco y Yucatán, estos estados generan más del 80% del total de la producción del país (Sagarpa 2012, propapaya 2012).

En los último años el consumo per cápita en Mexico ha presentado un importante ascenso, de esta forma, de 1990 a 1997, pasó de 3.012 kg a 5.842 kg lo que equivale a un incremento de casi 94%, no obstante, la tendencia no ha sido constante, dado la elasticidad al precio que presenta el consumidor nacional, asimismo, la variación en la producción y la creciente orientación hacia los mercados externos ha influido de manera considerable en dicho comportamiento (Sagarpa 2000). A pesar de los importantes ingresos económicos que obtiene nuestro país con la comercialización de la papaya, el consumo per cápita de los mexicanos actualmente es de tan sólo medio Kilogramo al mes. Al año, los mexicanos comen en promedio seis kilogramos de papaya, por lo que es necesario impulsar campañas publicitarias para incentivar su consumo (Escalante, 2015).

Estados Unidos constituye el mayor importador de papaya debido a su alto nivel de ingreso per capita y la gran participación en el total de la población, de personas de origen asiático e hispano que tradicionalmente consumen fruta. Por otro lado, en países europeos el consumo ha incrementado en los últimos años en especial España y Portugal (propapaya 2012).

1.3. Limitantes del cultivo de papaya

La calidad de los frutos de papaya en el mercado se ve afectada principalmente por daños mecánicos que ocurren durante la cosecha y transportación, la variacion de la temperatura durante su transporte o almacenamiento provocando daños en la pared celular que promueven el ablandamiento del fruto y por lo tanto generan pérdidas en la calidad. Además existen otros factores que dañan la calidad del fruto como enfermedades generadas por virus, bacterias y

hongos. Actualmente la industria global para la producción y exportación de papaya presenta dos grandes problemas:

- **el virus de la mancha anular**
- **pérdida de calidad post-cosecha**

El Virus de la Mancha Anular (PRSV)

Es una enfermedad que reduce drásticamente el rendimiento, tamaño y calidad de los frutos e incluso en algunos casos genera la pérdida total de la producción. Es el causante de una de las enfermedades más destructivas en papaya a nivel mundial. En Cuba, el PRSV se señaló por primera vez en los informes emitidos por la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas y en la actualidad se encuentra extendido en la mayoría de las zonas productoras de esta fruta. (Pérez y González, 2007). El agente patógeno de la enfermedad es transmitido por áfidos, perjudicando a plantaciones enteras de papaya en diversos países. El PSRV ha limitado la expansión en la producción de papaya, por ejemplo la producción de papaya en Hawái casi desaparece en 1990 (Fereres y Moreno, 2009).

Pérdida de la calidad post-cosecha

Factores como enfermedades causadas por hongos, problemas fisiológicos, daños mecánicos o la combinación de todos estos generan la pérdida de la calidad del fruto después de su cosecha. Es muy importante que la cosecha de los frutos se lleve a cabo en un estado de madurez adecuado, ya que es un factor determinante para la vida de almacenamiento y la calidad final de los frutos; si no se hace el corte de los frutos en la madurez adecuada pueden presentar manchas en la piel, pulpa traslúcida, pérdida de firmeza y bolas duras en la pulpa (G. de Oliveira y Vitória, 2011). Se recomienda que la cosecha de frutos de papaya se lleve a cabo después de que los frutos cambian de color verde obscuro a verde claro “rayona”, ya que este cambio está asociado al momento de mayor acumulación de azúcares en el fruto en su última fase de desarrollo en la planta, y los azúcares no incrementan después de haber cortado el fruto, por lo que, no esperar este cambio afectará significativamente la calidad sensorial del fruto. El corte de los frutos después de que se ha dado el “rompimiento del color”, provocará una limitada producción de sólidos solubles en el fruto, ocasionando que no se alcance el sabor y olor característicos del fruto, además de la pérdida de agua, provocando hematomas y

un deterioro más rápido del fruto. Todos los cambios que ocurren en el fruto durante la maduración post-cosecha son provocados por una hormona muy importante que es el etileno.

1.4. Valor nutricional de la papaya

La papaya es considerada como una de las frutas de mayor valor nutricional por su alto contenido de vitaminas (Amri y Maamboya, 2012) y antioxidantes (Schweiggert *et al.*, 2012) por lo tanto es ampliamente utilizada en dietas alimenticias, en medicina y en la industria. El fruto es rico en vitaminas C, vitaminas del grupo B (B1, B2 Y B3) y en provitamina A en forma de carotenos, principalmente: licopeno (al cual se le atribuye acción preventiva frente al cáncer y enfermedades cardiovasculares), β-carotenos, γ-carotenos, ε-carotenos, β-criptoxantina y criptoxantina (compuesto que, además de transformarse en vitamina A en el organismo, presenta propiedad antioxidante) Sivakumar y Wall, 2013.

Tabla 1 Principales componentes de papaya ([a]Sasikala *et al.*, 2009; [b]Farhan, 2014).

Componentes (En 100 gramos)	**Fruto Verde**	**Fruto Maduro**
Calorías	26 cal[a]	32 – 45 cal[a]
Humedad	91.1 g[a]	87.1 - 90.8 g[a] /88.83 g[b]
Proteína	0.1 g[a]	0.4 - 0.6 g[a] /88.83 g[b]
Ácidos Grasos	6.2 g[a]	0.1 g[a] /0.14 g[b]
Carbohidratos totales	0.9 g[a]	8.3 - 11.8 g[a] /9.81 g[b]
Fibra	0.6 g[a]	0.5 - 0.9 g[a] /1.8 g[b]
Ca	38 mg[a]	20 - 24 mg[a] /24 mg[b]
P	20 mg[a]	15 - 22 mg[a]
Fe	0.3 mg[a]	0.3 -0.7 mg[a]
Na	7 mg[a]	3 - 4 mg[a] /24 mg[b]
K	5 mg[a]	221 - 234 mg[a] /257 mg[b]
Tiamina	0.02 mg[a]	0.03 - 0.4 mg[a] /0.027 mg[b]
Riboflavina	0.03 mg[a]	0.03 - 0.05 mg[a] /0.032 mg[b]
Niacina	0.3 mg[a]	0.3 - 0.4 mg[a] /0.338 mg[b]
Ácido Ascórbico	40 mg[a]	52 - 73 mg[a] /61.8 mg[b]

En papayas de pulpa roja el pigmento o colorante natural más importante es el licopeno, el cual de acuerdo a estudios recientes, se demostró estar en una forma más biodisponible en papaya que en zanahorias y tomates (Schweiggert *et al.*, 2014). En papayas de pulpa más amarillenta, los pigmentos más abundantes son el grupo de las criptoxantinas. Los minerales presentes en la papaya son: potasio, calcio, magnesio, fósforo y hierro. También es una buena fuente de fibra (principalmente insoluble), que mejora el tránsito intestinal, evita el

estreñimiento. El contenido proteico es de aproximadamente 5%. El valor nutricional de la fruta depende de la variedad, las condiciones de crecimiento y la madurez que presenta para consumo (Propiedades funcionales de la papaya, 2011). En la **Tabla 1** se muestra el contenido de macronutrientes y algunos micronutrienes de la papaya verdes y madura reportados en literatura.

1.5. Variedades de papaya

Actualmente se han desarrollado trabajos enfocados en generar nuevas variedades capaces de tolerar la enfermedad del virus de la mancha anular (Mendoza, Laurena y Botella, 2008). Así mismo la cadena productiva de papaya también se ve afectada por el bajo número de variedades explotadas comercialmente. En México, muchas áreas de cultivo de papaya están destinadas a la variedad Maradol la cual se ve afectada negativamente por factores bióticos y abióticos (El comercio, 2011). La papaya es una fruta que se comerzializa principalmente en estado fresco, destacando dos variedades: la Hawaiana y la Maradol

Solo o Hawaiana: Este grupo de selecciones fue desarrollado en Hawai a partir de una fruta pequeña comprada por G.P. Wilder en un mercado de Barbados en 1910. La palabra castellana "Solo" fue adoptada para bautizar esta serie de selecciones, indicando que es sólo para una persona o para comer una sola vez. Los frutos provenientes de plantas hermafroditas tienen forma similar a la pera mientras que los generados por flores femeninas son redondeados (Cultivo de lechosa, 1998). Una de las desventajas de las variedades Solo es que su comportamiento es fuertemente dependiente de las condiciones de suelo y clima.

Maradol: La variedad de papaya Maradol, fue obtenida en Cuba durante el periodo 1938-1956. (Rodríguez, 1966). El fruto es de maduración lenta, pulpa suave y gran consistencia, piel lisa, gruesa y resistente, presentando larga vida de anaquel. Es una variedad con dos selecciones de frutos (pulpa amarilla y roja), cilíndricos (alargados), el largo oscila entre los 22 cm y 27 cm y su diámetro está entre los 9 cm y 13 cm (Arango, 1999).

1.6. Calidad

En los mercados actuales, la búsqueda de la excelencia y calidad se convierten en metas fundamentales para los productores de alimentos y bebidas (Parrilla Corza, 2002). Las exigencias del consumidor actual de frutas y hortalizas se orientan cada vez más por los

aspectos cualitativos que los cuantitativos (Zapata M, 1996). La calidad de un producto de consumo humano, se define como la totalidad de rasgos y características de un producto o servicio, dirigidos a satisfacer las necesidades establecidas del usuario o consumidor (norma ISO 8402). Además de la seguridad e higiene de un alimento el criterio más importante son las propiedades físicas y químicas, ya que estas determinan la elección y la fidelidad de un consumidor hacia un producto o marca (Grupo Eroski 2002).

Como se hace referencia a la calidad desde el punto de vista del consumidor, su medida se hace más difícil de identificar y cuantificar. En el área de alimentos y bebidas, medir genera un mejor conocimiento y probablemente control, de las magnitudes y características de un producto terminado, materia prima, proceso y todos los factores que lo definen. Esto da como resultado: procesos controlados que generan mejores productos al servicio de las personas; por lo que es indispensable medir la calidad de un producto con las mismas herramientas que utiliza el consumidor para evaluarla, para así tener un mayor conocimiento de las magnitudes y características del producto en función de lo que se percibe.

Para un determinado producto, la calidad como factor de aceptación para el consumidor está integrada por distintos aspectos recogidos por los sentidos:

- Visuales: percibidos con los ojos: color, forma, brillo del alimento
- Táctiles: percibidos con las puntas de los dedos y la cavidad bucal: características rugosas, suaves, ásperas, líquidas, geles, jugoso, grumoso, fibroso, harinoso, grasoso etc.
- Olfativos: percibidos por el epitelio olfativo: olores y aromas
- Auditivos: percibidos por el oído: burbujeante, crujiente
- Gustativos percibidos por las papilas gustativas: dulce, salado, ácido y amargo.

El análisis sensorial se transforma, en una herramienta de gran utilidad, dado que permite encontrar los atributos importantes para los consumidores, que será muy difícil e incluso imposible medir de otra manera.

1.7. Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial es una ciencia que utiliza los sentidos como instrumento de medición para evaluar y medir las propiedades físicas y químicas de alimentos y bebidas. Permite medir

e interpretar sensaciones tal y como son percibidas por los humanos a través de sus sentidos (Picallo, 2002). Su objetivo es explorar las características físicas y químicas de alimentos y bebidas por medio de los sentidos para:

- Conocer y evaluar la intensidad, identidad y duración de los estímulos de las características físicas y químicas del producto por los consumidores.
- Conocer y evaluar el nivel de agrado, aceptación, preferencia y reacción del consumidor hacia un producto.

Si los rangos de calidad de un alimento o bebida se definen por la correlación de propiedades físicas y químicas con las características percibidas sensorialmente, podemos confiar que el producto estará muy cerca o cumplirá con las expectativas del consumidor. La aceptación de los alimentos varía ampliamente según las perspectivas culturales, demográficas y psicológicas del consumidor (Prusia y Shewfelt, 1993). Normalmente, el ser humano tiene gustos muy definidos y asocia determinados caracteres a la calidad o satisfacción que le produce un alimento, por lo que espera encontrarlos cuando lo consume (Cantor, 1999).

La percepción de cualquier estímulo se debe al tratamiento de la información recibida por los órganos sensoriales (boca, nariz, ojos oídos) los cuales, codifican la información en función de la intensidad y calidad del estímulo. La información sensorial no se procesa tal cual llega, sino que se ve sometida a un proceso de filtración, reducción y estabilización. De forma general, cuando expresamos espontáneamente lo que sentimos, parecería que primero se genera el placer experimentado por el individuo (nota hedónica), después la cualidad percibida (textura, granulosa, aroma a vainilla, gusto dulce) y por último la intensidad (poco, medianamente o intenso) aunque realmente es al revés. No es difícil comprender que el ser humano comience describiendo el placer que experimenta entes de establecer la naturaleza e intensidad de la sensación percibida. Por lo tanto, el placer que el individuo experimenta al consumir un alimento es el resultado de la integración de ambos. Si la sensación recibida gusta, el alimento o bebida será aceptado, si por el contrario la sensación no es lo que se espera, el producto causará decepción (Alonso, 2011).

La evaluación sensorial de los alimentos puede realizarse a través de diferentes pruebas, según la finalidad para la que están diseñadas. Estas pruebas pueden clasificarse en dos grupos: pruebas hedónicas y pruebas analíticas (Manfugás, 2007).

Pruebas hedónicas

Son aquellas en la que el consumidor (persona no entrenada) expresa su reacción, nivel de agrado nivel de aceptación y nivel de preferencia ante el producto. Las respuestas personales son el resultado de fenómenos casi simultáneos a diferentes niveles, fisiológicos, psicológicos y sociales que interactúan entre sí, generando una respuesta que aparentemente es muy simple. Los estudios de naturaleza hedónica son esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor. Pueden aplicarse pruebas hedónicas para conocer las primeras impresiones de un alimento nuevo o profundizar más y obtener información sobre los factores que determinan el agrado, aceptación o preferencia (Manfugás, 2007).

Pruebas Analíticas

Es el análisis sensorial de las propiedades físicas y químicas de alimentos y bebidas se emplean técnicas específicas perfectamente estandarizadas, con el objetio de disminuir la subjetividad en las respuestas. Las pruebas analíticas se utilizan en las empresas para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de rutina (Manfugás, 2007).

Las pruebas analíticas se dividen en dos grandes grupos:

- Pruebas discriminativas: Tienen como objetivo comporbar si hay diferencias entre productos y la consulta al grupo de jueces es cuánto difiere de un control o producto típico pero no sus propiedades.
- Pruebas descriptivas: Deescripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa)

A nivel internacional, se considera la evaluación sensorial una herramienta indispensable para mejorar la calidad de los alimentos en la industria alimentaria, en donde, una parte muy importante es la creación de un grupo de jueces seleccionados, suficientemente capacitados y adaptados a los métodos y sistemas más actuales relacionados con la calidad sensorial. Sin

embargo, a veces la evaluación sensorial no se desarrolla de manera adecuada, debido a la falta de conocimiento, al desconocimiento de las normas internacionales, ocasionando que se realice de manera errónea en salas sin control de los factores que se requiere y/o usando criterios o metodologías inadecuadas para la selección de jueces obteniendo desviaciones en los resultados sesgados con poca validez. Los jueces constituyen el instrumento de medición de la calidad y se dividen en dos grupos:

A) Juez analítico: Es el individuo que entre un grupo de candidatos ha demostrado una sensibilidad sensorial normal para uno o varios productos. Es necesario tener en cuenta algunos aspectos personales de los jueces analíticos.

B) Juez afectivo: El juez afectivo no tiene que ser seleccionado ni adiestrado, son consumidores escogidos por ser consumidores del producto o tipos de producto en un estudio de la población a la cual se estima está dirigido el producto que se evalúa.

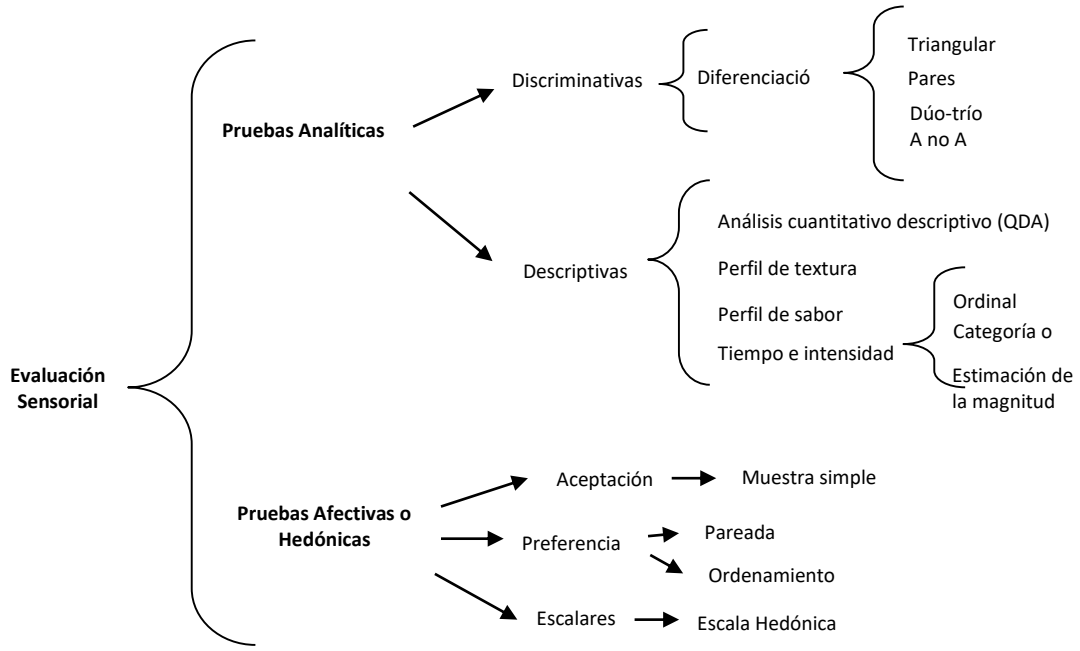


Imagen 1 Clasificación de los métodos de evaluación Sensorial

1.8. Mecanismos biológicos involucrados en la percepción sensorial

El hombre, como todo ser vivo, capta su entorno físico a través de sus sentidos. Por medio de los sentidos el hombre evalúa su entorno, identifica, cuantifica y finalmente decide si el objeto o el medio con el que interactúa, es peligroso, es necesario, etc. Los alimentos y bebidas son objetos con los que obligadamente tenemos que interactuar, por lo tanto pasan sistemáticamente por el tamiz de los sentidos, esta operación constituye una especie de control de calidad biológico (Kemp *et al.,* 2009).

Una forma lógica de ordenar una apreciación sensorial obedece a la identificación cronológica por los órganos sensoriales:

- **Vista**

La apariencia de cualquier objeto es determinada por el sentido de la vista. Las ondas de luz reflejadas por un objeto entran en el ojo y llegan a la retina. La retina contiene células receptoras, conocidas como bastones y conos, las cuales convierten esta luz en señales que viajan como impulso nervioso hacia el cerebro vía el nervio óptico. Los conos responden a diferentes longitudes de onda de luz de acuerdo al color. Los bastones responden positivamente a la luz blanca y preparan la información concerniente a la luminosidad del color. El cerebro interpreta estas señales y percibe la apariencia (color, forma, tamaño, textura de superficie) del objeto (Kemp *et al.,* 2009). Esta información visual prepara al individuo para recibir el alimento o bebida mediante la estimulación de respuestas como la intensificación de la salivación. En ocasiones, el aspecto resulta determinante en la motivación del consumidor. En el ser humano la visión representa el 40% de las percepciones sensoriales, el ojo humano no sólo verifica el espectro de radiación luminosa visible con tonalidades claramente diferenciables, el azul, verde, amarillo y rojo, sino su origen y su trayectoria.

El color es uno de los atributos que crean en el juez condiciones para la aceptación o rechazo de un producto. Los cuerpos blancos reflejan la luz de todas las longitudes de onda, los cuerpos negros absorben todas las longitudes de onda. La medición del color se puede hacer usando escalas de color de manera visual o mediante un colorímetro (Grandéz, 2008).

- **Olfato**

El olor desempeña un papel muy importante en la evaluación sensorial de los alimentos, sin embargo su identificación y las fuentes de las que proviene son complejas y aún se

desconocen muchos aspectos de este campo (Espinosa, 2007). El olor de un producto es detectado cuando los compuestos volátiles entran en las vías nasales y son percibidas por el epitelio olfativo. Cuando se habla de olor, los compuestos volátiles pasan a través de las vías nasales, en cambio cuando se habla de aroma, los compuestos volátiles se perciben por vía retronasal, el destino en las dos vías es el epitelio olfativo, que se localiza en la parte superior de la cavidad nasal, está cubierto por neuronas olfativas que se caracterizan por ser ciliadas, en cuyas membranas se localizan proteínas de la familia G receptoras de los volátiles con los que interactúan y generan señales de acuerdo a su tamaño, familia química y grupos funcionales que serán procesadas por los centros superiores produciendo una imagen congruente con el compuesto volátil percibido (Meilgaard, 1999). La cantidad mínima de sustancia olorosa necesaria para que sea percibida como tal es denominada como el umbral de percepción y varía para cada persona. La capacidad de diferenciar olores es lo que se define como agudeza olfatoria y puede ser educada con entrenamiento. Sin embargo, en ocasiones el sistema olfativo no funciona adecuadamente y se produce una significativa pérdida de la capacidad olfativa debido a varios factores como son: edad, infecciones virales, alergias, consumo de ciertos fármacos, entre otros, dicha anomalía se conoce como anosmia (Espinosa, 2007).

- **Gusto**

El sentido del gusto involucra la percepción de sustancias no volátiles, las cuales cuando se disuelven en agua, aceite o saliva, son detectadas por los receptores del gusto por las papilas gustativas localizadas en la superficie de la lengua, costados y parte posterior de la lengua o de la garganta. A partir de estudios fisiológicos se piensa que existen cinco sensaciones sápidas primarias: dulce, salado, ácido, amargo y umami. El gusto dulce se percibe con mayor facilidad en la punta de la lengua, zona donde se encuentran las células receptoras que detectan: glicoles, aldehídos, cetonas, aminas, esteres, alcoholes o sustancias de naturaleza orgánica que están presentes en los alimentos; el gusto salado y ácido se percibe en los bordes anteriores y posteriores respectivamente, donde los receptores son estimulados por sales ionizadas o por los hidrogeniones de las sustancias ácidas (Espinosa, 2007).

- **Tacto**

El tacto a diferencia de los otros sentidos no posee una localización única, ya que el órgano sensorial se encuentra en toda la piel, músculos, tendones, dientes y las mucosas. Todo el

proceso de transducción de señales táctiles se lleva a cabo a través de toda la piel, no solamente en un área específica como los ojos, los oídos o la boca. El sentido del tacto tiene una compleja naturaleza y encontrar un instrumento que sea capaz de realizar mediciones de propiedades mecánicas (forma, arreglo de partículas y movimiento) como este sentido es una tarea difícil, además, incluye aspectos tales como detección de la temperatura, forma, fuerza, fricción, dolor y otras propiedades físicas, pero todas ellas generan señales eléctricas que se transmiten hacia el cerebro igual que las señales de los otros sentidos. A diferencia de los sentidos de la vista y el oído, las señales detectadas por el tacto no han sido bien cuantificadas.

La percepción del tacto ocurre cuando estímulos externos interactúan con los mecanoreceptores (existen 17,000 mecanoreceptores en la piel) estas percepciones involucran arreglos de diferentes tipos de nervios y elementos sensores para relacionar esa experiencia del cuerpo. La mano en particular posee la mayor cantidad de terminaciones nerviosas y la mayor concentración de receptores del tacto están en la cara, atrás del cuello, el pecho, los brazos, los dedos, las plantas de los pies y entre las piernas.

La textura es considerada como el principal atributo de calidad de los frutos e influye considerablemente sobre la aceptación del alimento por los consumidores. Al momento de consumir un alimento algunos juicios sobre la textura empiezan visualmente, sin embargo, la evaluación ocurre en la boca. Algunos parámetros de textura como la geometría y reología se sienten cuando la comida se coloca por primera vez en la boca, se deforma por la masticación, por los dientes, cuando es manipulada por la lengua en toda la cavidad oral y es mezclada con la saliva. Muchos tejidos (periodontal, piel y articulaciones temperomandibulares) y receptores (somestésicos y quinestésicos) se involucran en la percepción. La información registrada por los receptores es instantáneamente transportada al sistema nervioso central y después al cerebro por el nervio trigeminal. La definición de textura involucra varios conceptos importantes como:

1.- La textura es una propiedad sensorial, por lo tanto los humanos son los únicos que pueden percibirla y detectarla. Los instrumentos de medición de textura pueden detectar y cuantificar solamente ciertos parámetros físicos, los cuales después deben ser interpretados en términos de percepción sensorial.

2.- Es un atributo de múltiples parámetros no solamente sensibilidad y masticabilidad, sino una gama de características y fenómenos físicos complejos.
3.- Deriva de la estructura del alimento (molecular, microscópica y macroscópica).

- **Oído**

El oído está dotado de cien mil células auditivas, sin embargo, es uno de los sentidos más infravalorados en la percepción sensorial de alimentos. Las vibraciones acústicas tienen dos dimensiones: la amplitud sonora, que es función de la presión del sonido y se mide en decibelios y la frecuencia que se mide en Hertz. Los seres humanos pueden detectar señales dentro del margen de 30 a 15000 Hertz, presentando la mayor sensibilidad dentro del margen de 500 a 400 Hertz. El sentido del oído adquiere cierta importancia en alimentos crujientes como frutas complementando al gusto y al tacto.
El sonido es percibido por millones de pequeñas vellosidades en el oído que son estimulados por la vibración del aire de las ondas de sonido. El ruido emitido por los alimentos durante la acción de comer contribuye a la percepción de la textura de un alimento, por ejemplo la frescura de una manzana o la efervescencia de una bebida carbonatada. Cuando los consumidores comen los alimentos, las ondas de sonido producidos pueden ser conducidos por el aire y/o huesos en la mandíbula. Esto es conocido como una percepción intra-oral (Kemp *et al.*, 2009).

Por todo lo anterior, la percepción sensorial de los seres humanos es fundamental para el análisis de los alimentos. A través de los sentidos, y por medio de la interacción las propiedades físicas y químicas de un alimento con los órganos sensoriales, es como se puede evaluar la calidad de un alimento.

Los cambios que sufre un fruto durante su maduración son el resultado de procesos metabólicos que ocurren durante su ciclo de vida, por lo que resulta importante conocer los cambios que ocurren en las propiedades que son sensorialmente perceptibles.

1.9. Maduración en frutos de papaya

La maduración es considerada un estado temprano del proceso de senescencia de todos los frutos y es un fenómeno fácilmente reconocible por muchas transformaciones que sufre el fruto, de las cuales las más importantes son los cambios en el color (degradación de la

clorofila), el desarrollo del sabor y aroma, y el ablandamiento del fruto en frutos de madurez de consumo. También la maduración puede ser definida como la secuencia de cambios morfológicos fisiológicos y bioquímicos que conducen a la formación de un fruto apto para consumo humano. La papaya es un fruto climatérico que exhibe un aumento característico en la producción de etileno, el cual conduce a cambios en su firmeza, color y aroma principalmente (Moya-León *et al.,* 2004).

La maduración puede ocurrir por diversos factores, por ejemplo cuando se reduce la velocidad de crecimiento, disminuye la concentración del inhibidor de maduración, se agotan los promotores de las semillas maduras y además de que es un proceso programado genéticamente. Los cambios que ocurren durante la maduración se dan en tres niveles: genéticos, metabólicos y físicos. Los cambios físicos se ven reflejados en el olor, color, sabor y textura de los frutos, que son características sensoriales finales perceptibles por el consumidor.

1.9.1. Cambios en el olor

Todas las partes de la planta de papaya emiten volátiles con múltiples funciones, para interacciones ecológicas, defensa contra herbívoros, patógenos y para atraer animales que dispersen el polen y semillas. Los compuestos odorantes son aquellos compuestos volátiles que interactúan con los receptores olfativos humanos, pero deben ser un poco lipofílicos, solubles en agua y tener una adecuada presión de vapor. Los compuestos volátiles determinan el olor y sabor de las frutas. En las últimas 4 décadas se han tenido muchos avances en cuanto a los métodos para análisis de compuestos volátiles de papaya y han sido identificados más de 300 constituyentes volátiles, pero sólo algunos de ellos han sido reconocidos como compuestos activos del sabor y olor característico de la papaya (Pino AJ, 2014). Es importante identificar los compuestos volátiles que se encuentran en pequeñas cantidades en el fruto ya que, en su mayoría contribuyen significativamente al aroma, no todos los compuestos volátiles presentes son capaces de interactuar con los receptores humanos olfativos, por lo tanto solo un pequeño número de compuestos volátiles son llamados "compuestos claves odoractivos" los cuales son fácilmente detectados por los receptores olfativos y consecuentemente participan en la creación de impresiones correspondientes a cada aroma en el cerebro (Pino, 2014).

Pino y col, en el 2003, usaron cromatografía de gases y olfatometría (CG-O) para evaluar los compuestos volátiles aislados de papaya Maradol roja en madurez de consumo, encontraron que los ésteres y ácidos de cadena corta contribuyen significativamente al aroma del fruto con el butanoato de metilo y butanoato de etilo como los mayores constituyentes. Jirovetz y col, en 2003 analizaron el perfil aromático de frutos maduros e inmaduros de papayas cultivadas en Camerún por micro extracción en fase sólida (SPME) y CG-O; concluyeron que el aroma de los frutos de papaya es el resultado de la combinación de altas concentraciones de linalol, cadenas cortas de alcoholes y ésteres, además de algunos compuestos como el 3-hexen-1-ol en pequeñas concentraciones, el cual es el responsable de las notas verdes de frutos inmaduros al igual que el bencil isotiocianato.

Pino en el 2014, determinó el perfil aromático de frutos de papaya Maradol en estado de madurez de consumo a través de SPME/GC-MS-O y SDE/GC-MS-O y los compuestos con mayor potencia odoractiva a través del método AEDA (Aroma Extract Dilution Analysis) y OAV (valores de actividad odoractiva), concluyó que los ésteres son la familia dominante en frutos Maradol maduros, siendo el butanoato de metilo y butanoato de etilo los principales constituyentes; resultados que concuerdan con variedades cultivadas en Sri Lanka, Colombia y Camerún; a diferencia de variedades de papayas cultivadas en Indonesia y Brasil cuyos principales componentes son el bencil isotiocianato y el fenil acetonitrilo (Ulrich y Wijaya 2010). En papayas variedad Solo cultivadas en Hawai los terpenos son los principales componentes, siendo el linalol el más dominante (Flath y Forrey, 1997).

Pino en el 2014 concluyó a través de SPME/GC-O que los compuestos volátiles con una mayor potencia odoractiva en frutos maduros son el butanoato de metilo, 1-hexen-3-ona, butanoato de etilo y bencil isotiocianato al haber presentado la mayor frecuencia de detección por olfatometría. La mayoría de los compuestos volátiles se encuentran conjugados en el fruto, liberándose cuando las células se rompen durante el corte o su consumo (Cultivo de lechosa, 1998). Mientras el nivel de maduración aumenta en la papaya el contenido total de ésteres y alcoholes aumenta (Balbontín, 2007).

- **Ésteres**

Los principales ésteres identificados en el perfil odoractivo de frutos de papaya son el butanoato de etilo, butanoato de metilo, hexanoato de etilo, octanoato de etilo, benzoato de

metilo, 3-metil-1-butanol y acetato de etilo que se encuentran en pequeñas cantidades en frutos inmaduros, pero su producción aumenta en frutos maduros por ayuda de una hormona vegetal, el etileno (Fugate *et al.,* 2010), que induce la producción de ésteres volátiles en frutos climatéricos al combinar alcoholes con la enzima Coenzima A (CoA) derivada de los ácidos grasos por la enzima alcohol acil-transferasa. La mayoría de los ésteres volátiles que se describen con notas frutales, sus posibles precursores son los aminoácidos y los lípidos. La nota "dulce" de algunas variedades de papaya se debe probablemente a la producción de butanoato de metilo (Sivakumar y Wall, 2013).

En 1977 Flath y Forrey identificaron cerca de 100 compuestos volátiles en papaya Hawaiana y Solo, de los cuales 32 eran ésteres. Muchos de estos compuestos están presentes solo en bajas concentraciones, pero no por ello su contribución al olor, aroma y sabor es menor. Esa cantidad de ésteres varía de acuerdo a la especie, variedad y región de crecimiento del fruto (Balbontin *et al.,* 2007).

- **Alcoholes**

Son otro grupo importante de los compuestos volátiles en frutos de papaya y estos compuestos actúan como sustratos para la formación de ésteres. Los niveles de metanol, butanol y hexanol en frutos de papaya incrementan a través de la maduración. Dentro de los alcoholes el butanol es el más abundante. La producción de linalol incrementa cerca de 400 veces conforme el fruto va madurando, mientras que el bencil isotiocianato incrementa unas seis veces. El linalol es un producto de la ruta de la síntesis de los plastidios. Los terpenoides son los compuestos volátiles más abundantes en papaya y son sintetizados a través de la ruta del acetato mevalonato en el citoplasma que conduce a la formación de muchos carotenoides por la ruta de los no mevalonatos en los plastidios (Paull *et al.,* 2008).

Tabla 2 Principales compuestos volátiles presentes en papaya Var. Maradol (Almora *et al.*, 2004).

Compuestos volátiles	
Butanoato de metilo	Dodecanoato de etilo
3-metil butanol	Bencil isotiocianato
Hexanoato de etilo	Ácido dodecanoico
Alcohol bencilo	α-terpineol
Linalool	4-terpin-ol

Tabla 3 Principales compuestos volátiles y no volátiles relacionados con el sabor y olor encontrados en papaya (Farhan, 2014).

COMPUESTOS VOLÁTILES	
3-metil-1-butanol	Ácido Palmítico
Ácido butírico	Butanoato de Metilo
Butanoato de etilo	Carpaina
Linalool	Dehidrocarpaina
Ácido oleico	Hexanoato de etilo
Ácido linoleico	Etil 2 metil butanoato
Ácido α-linoléico	Flavonoles
Ácido Mirístico	γ- terpineno 4-terpineol
Acetato de Etilo	Ácido esteárico
Acetato de butilo	Metil tiocianato
α-felandreno	Nicotina
α- terpineno	Óxido de linalool CIS y TRANS
Alcohol bencílico	Pseudocarpaina
Bencil isotiocianato	Quimopapaína α yβ
Benzil glucosinolato	Terpinoleno
Butanol	--

1.9.2. Cambios en el sabor

El sabor está compuesto por tres factores muy importantes detectados en la cavidad bucal: los compuestos volátiles, los 4 gustos básicos y las sensaciones trigeminales. El sabor de la papaya depende de varios factores como la variedad, el estado de madurez de consumo y del corte en la cosecha, lugar del cultivo, tratamientos del fruto después de la cosecha y la incidencia de daños mecánicos o por enfermedades causadas por virus, bacterias u hongos.

Dentro de los 4 gustos básicos el gusto dulce es un parámetro de calidad muy importante en frutas, el cual generalmente se asocia con el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa que

utilizan como índice de madurez y por medio de HPLC se observó que son los únicos azúcares que contribuyen a los sólidos solubles totales (SST) de los frutos de papaya (Gómez, 2002).

Los sólidos solubles en frutos de papaya aumentan conforme progresa el estado de madurez y disminuye la firmeza del fruto. El contenido de sólidos puede variar del 6 al 19% dependiendo la variedad. En los primeros estados de desarrollo del fruto (en la planta), la glucosa es el azúcar que prevalece entre los sólidos solubles (Paull, 1996; Zhou y Paull 2001). Cuando comienza a haber un cambio de color en la pulpa y en las semillas, hay una modificación en el perfil de azúcares en donde la sacarosa es el azúcar predominante (de un 1% a 8.5%). Algunos frutos climatéricos como el plátano o el kiwi tienen un gran contenido de almidón el cuál es metabolizado a sacarosa después de la cosecha, provocando el gusto dulce característico de los frutos. En otros frutos climatéricos como la papaya no ocurre la acumulación de almidón durante el desarrollo de fruto (Gómez *et al.*, 1999). En frutos de papaya que ya han sido cosechados se observa un cambio en el perfil de azúcares de solo un 2%, esto se debe a que los frutos contienen niveles muy bajos de almidón (0.1%) cuando son cosechados, por lo que no es una buena fuente de carbono para el incremento del azúcares y para el sabor dulce típico del fruto. Gómez en el 2002, observó que el contenido de almidón en frutos inmaduros de papaya es de 0.13% y en frutos maduros 0.06%, no es una fuente de carbono suficiente, lo que sugiere que existe una fuente de carbono alternativa para la producción de azúcares que puede provenir de la pared celular que contiene 30% celulosa, 30% hemicelulosa, 35% pectinas y 5% proteínas.

Los grandes cambios en la composición de la pared celular durante la maduración de las frutas, se deben a la pérdida de cantidades significativas de azúcares neutros, principalmente galactosa y arabinosa**.** Gómez en el 2002, analizó la relación de los SST con el sabor dulce de la papaya, el contenido de almidón y evaluó el papel de las enzimas SPS (sacarosa fosfato sintasa) y SS (sacarosa sintasa) durante la maduración de frutos de papaya variedad Solo; observó una disminución significativa de la galactosa (polisacárido de la pared celular) y un aumento de sacarosa, lo que sugiere una desgalactosilación de cadenas de polisacáridos. Este fenómeno también se observa en las manzanas, fresas, tomates y en la germinación de semillas. La galactosa es rápidamente metabolizada y puede ser una buena fuente de carbono para la síntesis de sacarosa, además la actividad de la SS aumentó en frutos maduros pero no

se observó una relación con la sacarosa, mientras que la actividad de la SPS aumentó y tuvo relación con el contenido de SST; y concluyó que existe una relación entre los cambios que ocurren en la pared celular durante la maduración de los frutos de papaya (textura) y el gusto dulce característico del fruto.

La pulpa contiene muy pocos ácidos orgánicos (0.099%) y éstos son una mezcla de 50% de ácido cítrico y de 50% de ácido málico (Cultivo de lechosa, 1998). Las características sensoriales de la papaya principalmente gusto y aroma involucran, en muchos casos, compuestos volátiles (bencil isotiocianato, terpenos, ésteres, hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos orgánicos).

Gómez en el 2002, utilizó frutos de papaya variedad Solo y evaluó a través de un análisis sensorial QDA® el olor, sabor y textura de los frutos; utilizó 9 descriptores (olor: papaya madura, papaya verde; sabor: dulce, papaya madura, papaya verde, amargo y ácido; textura: firmeza), se observó que los jueces no lograron percibir diferencias en el olor, sabor y textura de frutos en madurez comercial y de consumo, esto debido a que evaluaron los atributos de una forma general y no se establecieron descriptores específicos para los atributos de los frutos en diferentes estados de madurez; por lo que se puede pensar que sí existen diferencias perceptibles sensorialmente entre los frutos en diferente estado de madurez, sin embargo, el juez no sabe cómo evaluarlos, ni cuáles son sus componentes ni sus magnitudes, por lo que resulta complejo el análisis a falta de un léxico o características sensoriales establecidas que definan la calidad de los frutos de papaya. Albertini y colaboradores, en el 2016, obtuvieron resultados semejantes, al realizar un análisis sensorial de frutos de papaya sometidos a diferentes tratamientos, y evaluaron el nivel de aceptación de la apariencia, gusto, sabor y textura de cubos de pulpa de papaya con 30 consumidores, donde se observó que los consumidores evaluaron los atributos de forma global y no se puede hacer una inferencia en qué característica utilizaron para evaluar cada atributo.

1.9.3. Cambios en la textura

La textura es un parámetro comercialmente importante, ya que en frutos como la papaya, más que el color, la textura es un indicador de la vida del fruto, calidad y la aceptación por el consumidor. Los hematomas que se generan en la pared de frutos de papaya causan una compresión de las capas celulares del mesocarpo y provocan la pérdida de elasticidad de la

pared celular, generando una ruptura y liberación de contenido intercelular. La degradación enzimática de los polisacáridos de la pared celular se lleva a cabo en tejidos dañados generando un ablandamiento del fruto, los daños mecánicos inducen la actividad de la 1-aminociclopropano-1-ácido-carboxílico, el precursor inmediato del etileno. La textura de un fruto es el resultado del contenido de agua, composición e integridad de la pared celular de las células del tejido. Los frutos son órganos de baja capacidad respiratoria, en el caso de la papaya que es un fruto fresco, la alteración de su textura está fuertemente ligada a las transformaciones de los constituyentes de la pared celular (celulosa, pectina y hemicelulosa) más que a la pérdida de agua asociada con condiciones ambientales. Durante la maduración las células de la membrana son cada vez más permeables, por lo que la integridad de los compuestos de la pared se pierde. En la maduración producida por la acción del etileno se activan una serie de enzimas hidrolíticas principalmente celulasas y galacturonasas que rompen los enlaces entre los polisacáridos de la pared celular provocando el ablandamiento del fruto.

La pared celular de la pulpa de frutos carnosos es una estructura dinámica creada por polisacáridos complejos como celulosa, hemicelulosa, pectinas como los β-glucanos, galacturonanos, arabinanos, galactanos y algunos compuestos en menor cantidad como las glicoproteínas, enzimas, minerales y compuestos fenólicos (Carpita y Gibeaut, 1993). La solubilización de estos compuestos contribuye a la reducción de la adhesión celular, provocando el ablandamiento del fruto.

La caracterización en los cambios de composición de los carbohidratos en frutos de papaya maduros podría revelar información importante sobre los patrones de degradación de la pared celular y contribuir a un mejor entendimiento de procesos enzimáticos y no enzimáticos en el ablandamiento de los frutos ya que la papaya es un fruto con importancia económica cuyo tiempo de vida está limitado al ablandamiento de la pulpa (Fabi *et al.,* 2007).Thumdee, y colaboradores en el 2010, reportaron que en la papaya en condiciones normales de maduración el ablandamiento es dependiente de la expresión y la actividad de enzimas como la endonucleasa, β-galactosidasa y endoxilanasa, explican que existe una gran relación entre la actividad de la endoxilanasa, el ablandamiento del fruto y su actividad suprimida completamente en frutos tratados con 1-MCP. La maduración de los frutos puede ser confusa

con los desórdenes fisiológicos del ablandamiento de la pulpa. Esta pérdida de firmeza puede ocurrir de una manera prematura incluso cuando el fruto continúa inmaduro.

1.9.4. Cambios en el color

La norma mexicana NMX–FF–041–SCFI–2007, describe el color externo de papaya variedad Maradol con base en la designación de rayas y porcentajes de color verde, amarillo o naranja, de acuerdo con siete grados de maduración que incluyen a los frutos en madurez fisiológica y en madurez de consumo. Los trabajos que describen las características del fruto con variables objetivas están enfocados al efecto de la antracnosis (Acosta *et al*., 2001) y a los cambios de color en las etapas iniciales o finales de la maduración (Pérez-Carrillo y Yahia, 2004; Hernández *et al*., 2007). Durante la maduración, los cloroplastos de las células del fruto sufren un desmantelamiento que acaba con las clorofilas. Este fenómeno provoca la liberación de otros compuestos existentes como los carotenoides aumentado el color naranja-amarillo del fruto. Los cambios de color están estrechamente relacionados con la síntesis y degradación de los carotenoides en la matriz del alimento.

1.9.4.1. Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos orgánicos que pertenecen a la familia de los terpenos, formados por unidades de isopreno. Un isopreno es un hidrocarburo insaturado de cinco carbonos con dos dobles enlaces, el cual se polimeriza fácilmente formando terpenos de estructura lineal o cíclica con ocho subunidades de isopreno para los carotenoides, es decir con 40 átomos de carbono o comúnmente llamados tetraterpenos o isoprenoides, esta cadena puede tener terminaciones en las que puede haber grupos funcionales como el oxígeno. La característica estructural más llamativa es su sistema de dobles enlaces conjugados (d.e.c.) característico de sus moléculas, que es el principal responsable de su espectro de absorción, reactividad, forma, localización en estructuras subcelulares y de su papel en procesos de transferencia de energía (Britton, 1995). Así, el número de d.e.c. no sólo afecta sus propiedades de absorción de luz y por lo tanto su color (Britton G, 1995; Meléndez-Martínez et al., 2007), sino también su reactividad frente a radicales (Woodall AA *et al.,* 1997a; Woodall AA *et al.,* 1997b), a la forma de la molécula (Weedon BCL, *et al.,*1995) y a su efectividad en los procesos de transferencia de energía dentro del aparato fotosintético (Cogdell RJ *et al.,* 1994; Young AJ *et al.,* 1997).

1.9.4.1.1. Almacenamiento de carotenoides en plantas

Los cloroplastos y cromoplastos son los plastidios más importantes de las plantas, ya que son organelos que sintetizan y almacenan carotenoides. La síntesis de carotenoides ocurre en casi todo tipo de plastidios de hojas, frutos, flores, raíces y semillas. El tipo y tamaño de los plastidios tiene un efecto significativo en la acumulación y estabilidad de los carotenoides. Los cromoplastos tienen gran cantidad de carotenoides en donde varias estructuras lipoprotéicas los almacenan, ejemplo de estas son los plastoglóbulos y en los cloroplastos las membranas tilacoides. Estas estructuras lipoprotéicas proveen a los plastidios una gran capacidad de almacenamiento conduciendo a altos niveles de acumulación de carotenoides en los tejidos verdes (Nizar *et al.*, 2015). Estos mecanismos de almacenamiento se basan en la naturaleza hidrofóbica de los carotenoides que les permite asociarse a los complejos lípido-proteína. Los plastoglóbulos se pueden clasificar en estructuras: globulares, cristalinas, membranosas, fibrilares y tubulares. El tipo de carotenoides y estructura de los plastoglóbulos varía en cada tipo de planta. Durante la transición del cloroplasto a cromoplasto los carotenoides se encuentran localizados en los plastoglóbulos de estructuras cristalinas, en donde los carotenoides presentan una mayor estabilidad, indicando que los pigmentos se encuentran protegidos de la destrucción por la luz (Howitt y Pogson 2006). La biodisponibilidad de los carotenoides depende de su localización en los cromoplastos (Vásquez-Caicedo *et al.*, 2006). Los frutos maduros, tejidos y flores se caracterizan por la presencia de cromoplastos. Los carotenoides además de que dan colores atractivos a las plantas para poder dispersar las semillas y poder polinizar las flores, son precursores de una gran cantidad de aromas (Kaiser y Kraft 2001) y actúan como compuestos fotoprotectores.

La papaya Maradol presenta un mayor contenido de carotenoides que otras variedades como la Fromosa y Sunrise (Mélo *et al.*, 2006), lo cual se puede deber a la localización de los cultivos, exposición al sol, prácticas en la producción y diferencias en las variedades. Hay un incremento predominante de licopeno y de ésteres de β-criptoxantina en frutos de pulpa roja durante la maduración, mientras que los precursores de carotenoides están en menor concentración (Schweiggert *et al.*, 2011). En frutos de pulpa de color amarilla el licopeno es rápidamente transformado a β-caroteno y xantofilas por las β-licopeno-ciclasa y caroteno hidrolasas, mientras que el licopeno se acumula en frutos de pulpa roja porque el gen de la β-ciclasa presenta una mutación funcional (Blas, 2010). En las variedades amarillas el β-

caroteno y las β-criptoxantinas esterificadas y libres son acumuladas, mientras que el licopeno se encuentra en menor cantidad (Schweiggert, 2015). Las diferencias encontradas en el contenido de licopeno en frutos de pulpa roja y naranja se debe a la morfología y la microestructura de los cromoplastos, los frutos de pulpa roja presentan estructuras cristalizadas las cuales están asociadas con la acumulación del licopeno (Schweiggert, 2012).

1.10. Biosíntesis de los compuestos volátiles en papaya

Los compuestos volátiles que son importantes en el aroma y sabor en frutos de papaya, son sintetizados a partir de ácidos, lípidos de membrana y carbohidratos. Los ácidos grasos son los principales precursores de los compuestos volátiles de la mayoría de las frutas, las rutas metabólicas incluyen β-oxidación cuando los frutos no han sufrido ningún daño y la de las lipooxigenasas (LOX) cuando los tejidos de los frutos han sido dañados, formando aldehídos, ácidos, alcoholes y ésteres de lípidos.

Un punto importante en la biosíntesis de los compuestos volátiles es la disponibilidad de los sustratos precursores primarios como los ácidos grasos y aminoácidos, los cuales son regulados en cantidad y composición durante el desarrollo del fruto (Song y Bangerth, 2003). Muchos estudios han demostrado la importancia de los ácidos grasos como precursores de ésteres en frutos de papaya, en particular la oxidación de ácido linoléico y linolénico genera muchos de los alcoholes, aldehídos, ácidos y ésteres típicos de los frutos. Las vías provienen juntas en la formación de aldehídos que son reducidos a alcoholes por la enzima alcohol deshidrogenasa y para la formación de ésteres por la enzima alcohol acil-transferasa. La producción de ésteres en frutos es sintetizada enzimáticamente por la unión entre el ácido graso correspondiente y el alcohol. En la biosíntesis de ésteres se considera como limitante la cantidad de alcohol además de que la cantidad presente puede modificar el perfil aromático del fruto.

A continuación se habla sobre los principales precursores de compuestos volátiles en frutos de papaya:

1.10.1. Compuestos volátiles derivados de carotenoides

Los carotenoides son terpenoides de 40 carbonos que participan en varios procesos biológicos en las plantas, como la fotosíntesis, fotomorfogénesis, fotoprotección y desarrollo. Los carotenoides sirven como precursores de dos hormonas vegetales y un gran grupo de

apocarotenoides (Nazia *et al.,* 2015). Las plantas producen un gran número de apocarotenoides volátiles y estos compuestos probablemente sirvan como atrayentes de insectos y contribuyan al olor y sabor de los frutos. En la actualidad muchos apocarotenoides han sido identificados en plantas, pero sus funciones aún permanecen desconocidas (Schwartz *et al.,* 2001).

Algunos autores sugieren que la biosíntesis de apocarotenoides se realiza a partir de carotenoides de al menos 40 átomos de carbono, como el β-caroteno y la zeaxantina. Se ha sugerido que los apocarotenoides se forman al azar, como productos de la fotooxidación o por la co-oxidación provocada por lipoxigenasas. Los apocarotenoides se encuentran entre los compuestos volátiles de impacto del aroma de diversas frutas entre ellas el jitomate (Mathieu *et al.,* 2009). El aroma de los apocarotenoides cíclicos como la ß-ionona y la ß-damascenona se describe como floral/frutal; los humanos somos muy sensibles a estos volátiles, a pesar de que su concentración es muy baja. Los apocarotenoides lineales como la 6-metil-5-hepten-2-ona y la geranilacetona también se caracterizan por notas aromáticas frutal/floral, aunque sus umbrales de olor son significativamente superiores a los de los apocarotenoides cíclicos (White, 2002). Tanto los apocarotenoides cíclicos como los lineales se generan directamente de los carotenos por la actividad enzimática de las dioxigenasas (Klee, 2010). Se han estudiado los volátiles del aroma de diversos frutos, observándose que los volátiles derivados de carotenoides se acumulan en las etapas finales de maduración (Tieman *et al.,* 2006).

1.10.2. Compuestos volátiles derivados de lípidos

La mayor parte de los compuestos volátiles alifáticos son derivados del metabolismo de lípidos. Se ha determinado que los precursores de aroma característicos corresponden a ácidos grasos como (ácido oleico, ácido linoléico, ácido linolénico, ácido palmítico y ácido esteárico). La concentración de estos ácidos disminuye conforme avanza el climaterio, lo que puede asociarse a la desintegración de membranas plastidiales. Esto concuerda con el hecho que durante el climaterio se produce un rompimiento y degradación de las membranas de los cloroplastos, provocando una disminución en los niveles de clorofila de los frutos de papaya. La producción de compuestos volátiles a través de los lípidos se puede realizar por dos vías:

- β-oxidación
- Lipooxigenación (LOX)

Se ha sugerido que la β-oxidación es la principal vía de generación de los compuestos volátiles primarios, mientras que la vía LOX participa en la generación de compuestos volátiles secundarios, aportando ácidos insaturados como sustratos para la síntesis de ésteres volátiles. Varios estudios sugieren que el ácido linoléico y oleico son metabolizados por la vía de la β-oxidación para formar cadenas cortas de Acil-CoA, después estos productos reaccionan con alcoholes para formar ésteres. Aunque la β-oxidación es considerada la vía metabólica más importante en la generación de volátiles en frutos, existe una amplia gama de compuestos volátiles que son formados a partir de la vía LOX. Una gran cantidad de ésteres alifáticos, alcoholes, ácidos e intermediarios carbonilos presentes en los frutos son generados a partir de ácidos grasos libres susceptibles a la vía LOX, esta se considera activa después del rompimiento del tejido celular cuando los ácidos grasos poli-insaturados son liberados desde los fosfolípidos mediante la acción de las lipasas, Acil hidrolasas y fosfolipasas (Rapparini y Predieri, 2003).

1.10.3. Compuestos volátiles derivados de aminoácidos

Los aminoácidos también se encuentran relacionados en la biosíntesis de aroma en frutos y la forma en que se metabolizan es responsable de la producción de un gran número de compuestos incluidos en alcohol, carbonilos, ácidos y ésteres. Los aminoácidos más importantes responsables de generar la mayoría de los compuestos volátiles y sus precursores son la alanina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina y ácido aspártico. Sin embargo sus niveles de concentración no siempre están relacionados a la formación de un compuesto volátil específico (Defilippi *et al.,* 2009).

1.10.3.1. Glucosinolatos

Los glucosinolatos se forman de aminoácidos, son un grupo de glicósidos que contienen azufre y se encuentran en las plantas del orden Brassicales que incluye vegetales de la familia *Brassicaceae* como el brócoli, colfilor y col. Cuando la planta sufre un daño mecánico los glucosinolatos entran en contacto con las enzimas (mirosinasas) provocando que los glucosinolatos se rompan y se formen otros productos que sirven a la planta como defensa contra los herbívoros. Dentro de los productos que se generan a partir de los glucosinolatos, los más importantes para la salud humana son los isotiocianatos (Williams *et al.,* 2013). Existen trabajos que reportan que estos compuestos inducen la formación de enzimas de detoxificación de la fase II las cuales protegen contra la carcinogénesis; uno de los compuestos

más poderosos para inducir estas enzimas es el bencil glucosinolato, comúnmente conocido como “glucotropaeolin”. La papaya es la única fruta tropical con un gran contenido de glucosinolatos, principalmente el bencil isotiocianato (O´Hare *et al.*, 2008). Los bencil glucosinolatos se forman a partir del aminoácido l-fenilalanina en frutos de papaya (Mithen *et al.*, 2000). Existen estudios que explican que el bencil isotiocianato disminuye en la pulpa pero aumenta en semillas conforme madura el fruto y es fácilmente detectable en el látex que libera así como en los compuestos volátiles libres producidos en frutos verdes intactos, lo cual sugiere que los bencil isotiocianatos son metabolitos normales en tejidos de papaya (Tang, 1971).

1.10.4. Compuestos volátiles derivados de carbohidratos

Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales, los primeros forman parte de la pared celular y entre éstos se encuentran la celulosa, hemicelulosa y pectina. Estos son causantes de la fibrosidad del alimento, no están disponibles para el metabolismo energético de la planta y son insolubles en agua.

En frutos de papaya la fuente de carbono para la síntesis de sacarosa puede provenir de la pared celular que contiene 30% celulosa, 30% hemicelulosa, 35% pectinas y 50% de proteínas. Los grandes cambios en la composición de la pared celular de las frutas relacionadas con la madurez se deben a la pérdida de cantidades significativas de azúcares neutros, principalmente galactosa y arabinosa. Actualmente se sabe que en frutos de papaya el contenido de almidón es muy bajo. En estudios recientes se observó que existe una disminución significativa de la galactosa (polisacárido de la pared celular) y un aumento de sacarosa, lo que sugiere que puede estar pasando una desgalactosilación de cadenas de polisacáridos. Este fenómeno también se observa en las manzanas, fresas, tomates y en la germinación de semillas. Esta galactosa es rápidamente metabolizada y puede ser fuente de carbono para la síntesis de sacarosa en frutos de papaya (Cómez *et al.*, 2012).

Los compuestos volátiles derivan en última instancia de carbohidratos, ya que son productos primarios de la fotosíntesis, sólo algunos compuestos volátiles constituyentes del aroma de ciertos frutos derivan directamente de carbohidratos. Los carbonilos que son intermediarios, se producen por diferentes rutas metabólicas, los cuales pueden ser convertidos en productos volátiles por la acción de varias enzimas.

2 JUSTIFICACIÓN

Debido a que en las últimas décadas ha aumentado el consumo de papaya en países del continente Americano y Europeo, como consecuencia se ha incrementado la producción y exportación de frutos de papaya variedad Maradol en México por lo que es necesario que los productores cuenten con las herramientas adecuadas para conocer y evaluar la calidad de los frutos desde el punto de vista del consumidor.

Actualmente no se ha desarrollado un protocolo de caracterización sensorial de frutos de papaya que permita conocer la calidad sensorial de los frutos de papaya desde el punto de vista del consumidor, tampoco existen registros de una ficha técnica que contenga las características sensoriales más importantes de los frutos de papaya que permita a los productores conocer cuales son las características detonantes en la aceptación de los frutos.

Es por eso que, en este trabajo se llevó a cabo la implementación de una metodología para conformar un grupo de jueces sensoriales como instrumento de medición y la evaluación de algunas características sensoriales y físicoquímicas de frutos de papaya para obtener información que permita conocer la calidad de los frutos desde el punto del consumidor.

3 HIPÓTESIS

Si se desarrolla y adapta un protocolo para la evaluación sensorial e instrumental de frutos de papaya y además se crea un método estandarizado a través de métodos ya establecidos para conformar un grupo de jueces sensoriales utilizando diferentes variedades de papaya; servirá como herramienta para evaluar sensorial e instrumentalmente frutos en diferentes estados de madurez y se podrán caracterizar algunas propiedades físicas y químicas que generarán información sobre las características finales perceptibles por el humano que permitirán conocer la calidad de los frutos desde el punto más importante que es el del consumidor.

4 OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Identificar y cuantificar las características fisicoquímicas y sensoriales de los frutos de papaya, mediante técnicas instrumentales y sensoriales.

4.2. Objetivos Específicos

1) Conformar un grupo de jueces confiables para desarrollar un léxico de olor, textura y sabor para frutos de papaya.

2) Implementar metodologías instrumentales para medir algunas de las propiedades físicas y químicas de los frutos de papaya Maradol.

3) Comparar las características sensoriales de diferentes tipos de variedades.

4) Medir sensorialmente las características de los frutos de papaya Maradol.

5 METODOLOGÍA

5.1. Conformación de un grupo de jueces sensoriales para evaluar frutos de papaya

Las pruebas se llevaron a cabo en el departamento de Tecnología Alimentaria en el área de Evaluación Sensorial en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ). Condiciones del área de evaluación sensorial: salón con cubículos se mantuvo a una temperatura de 21°C±2, luz blanca, ausencia de ruido y olores extraños.

El lugar de preparación de las muestras estuvo separado del área de evaluación sensorial. Las evaluaciones se hicieron en un horario de 9:00 am a 12:00 pm y de 2:00 a 4:00 pm con muestras frescas.

Para la formación del grupo de jueces sensoriales, se siguió el esquema de trabajo que se muestra en la **Figura 1**.

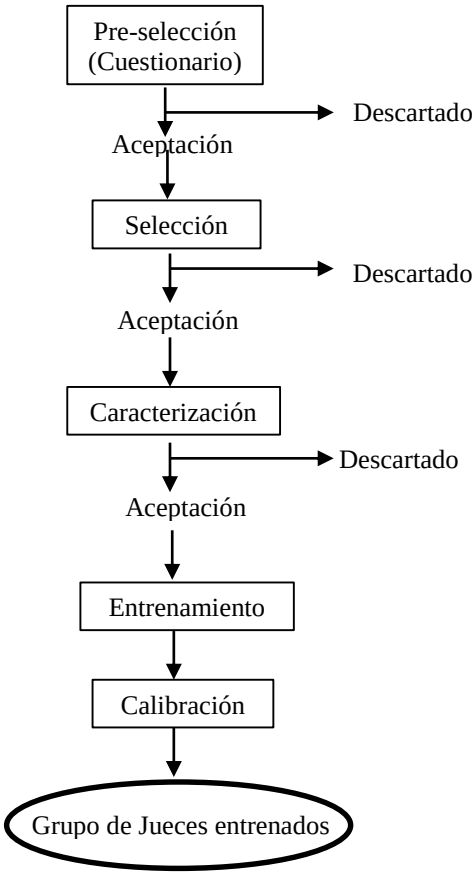


Figura 1 Etapas para la formación del grupo de jueces sensoriales.

El número de candidatos varió para cada una de las etapas, esto debido a lo siguiente:

1) incumplimiento de los requerimientos mínimos necesarios para continuar la siguiente etapa.

2) algunos candidatos y jueces dejaron el grupo debido a problemas personales.

5.1.1. Pre-selección de los candidatos (ISO: 6658 1985)

En esta fase participaron 47 voluntarios estudiantes e investigadores del CIATEJ. Se aplicó el cuestionario de pre-selección (**ANEXO 1**) a 47 voluntarios de 23 a 34 años (25 mujeres y 22 hombres). El cuestionario tuvo como propósito conocer su estado de salud, nivel de interés, disponibilidad y hábitos personales (Meilgaard *et al.*, 2006) descartando aquellos candidatos con problemas de anosmia, alergias, rinitis y problemas dentales de acuerdo a lo establecido en la norma ISO: 6658 1985. En esta etapa participaron personas entre 18 a 50 años de edad, de ambos sexos que tuvieron la disponibilidad de realizar todas las pruebas sensoriales del proyecto.

<u>Capacitación de los candidatos</u>

A los candidatos pre-seleccionados se les informó sobre: los fines específicos del proyecto, la importancia de su participación como jueces, los principios básicos del laboratorio de análisis sensorial y la importancia que éste tiene, se explicaron las reglas que debían seguir dentro del laboratorio (evitar el uso de perfume y labial, pintarse las uñas, fumar y mascar chicle, consumir alcohol, ajo, cebolla al menos 40 minutos mínimo antes de la prueba; además evitar ir a las pruebas recién comidos o con mucha hambre, estando enfermos, cansados, desvelados o tristes). Se planificó el horario para que pudieran participar en las sesiones de selección calibración y entrenamiento. También se les dieron indicaciones sobre su puntualidad, seguir correctamente las instrucciones, silencio, concentración en la evaluación, preguntar si existe duda por mínima que sea, honestidad en las respuestas y confiar plenamente en sus sentidos.

5.1.2. Selección de los candidatos (ISO: 6658 2005)

Esta etapa tuvo como objetivo verificar la sensibilidad gustativa y olfativa de los candidatos conociendo la capacidad de identificar y reconocer los cuatro gustos básicos (dulce, salado, ácido, amargo), una sensación trigeminal (astringente) y cuatro compuestos volátiles presentes en el perfil aromático de la papaya (Pino, 2014). En esta etapa, los estímulos utilizados se prepararon en concentraciones supraliminares; de acuerdo a lo establecido por la norma NF V09-105. En esta etapa participaron los candidatos que se retuvieron de la fase anterior y realizaron dos pruebas:

- **Prueba de sensibilidad gustativa**
- **Prueba de sensibilidad olfativa**

Procedimiento de las pruebas de sensibilidad gustativa y olfativa

En las pruebas de sensibilidad gustativa se presentó a los jueces cinco muestras llamadas "soluciones referencia", las muestras eran soluciones acuosas de los cuatro gustos básicos (dulce, salado ácido, amargo) y un estímulo trigeminal. Por otro lado los jueces recibieron cinco muestras llamadas "soluciones problema", que contenían también estímulos gustativos en solución acuosa. La tarea del candidato era, en primer lugar, probar e identificar los gustos de las soluciones referencia, posteriormente, probar las soluciones problema e indicar, a cuál de las referencias correspondía cada una de las soluciones problema (**ANEXO 2**). Todas las soluciones (**Tabla 4**) se colocaron en vasos de plástico transparentes de 20 mL con 10 mL de las soluciones preparadas, codificados con números de tres cifras, tapados y acomodados de manera aleatoria. Los candidatos que fueron capaces de identificar y correlacionar los cuatro gustos y la sensación trigeminal de las muestras problema con las muestras de referencia pasaron a las pruebas de sensibilidad olfativa.

Tabla 4 Soluciones y concentraciones utilizadas en la prueba de sensibilidad

Gusto	Compuesto	[g/L]
Dulce	Sacarosa	12
Ácido	Ácido cítrico	0.8
Amargo	Quinina	0.04
Salado	NaCl	5
Sensación trigeminal: Astringente	Ácido tánico	0.2

Para las pruebas de sensibilidad olfativa el procedimiento fue muy similiar al de las pruebas gustativas, también se les presentó a los candidatos "soluciones referencia" y "soluciones problema" (**ANEXO 3**) y únicamente tenían que oler las soluciones. Los compuestos y concentraciones que se utilizaron como estímulos olfativos se encuentran en la **Tabla 5.**

Tabla 5 Compuestos volátiles y concentraciones para la prueba de sensibilidad olfativa

Compuestos Volátiles	[g/L]
Butanoato de etilo	0.05
3-metil-1-butanol	0.036
Linalol	0.06
Ácido butírico	0.2

Todas las soluciones, se presentaron en frascos de vidrio ámbar de 75 mL con 20 mL de las soluciones, codificados con números de 3 cifras, tapados y acomodados de manera aleatoria. Una vez que los candidatos realizaron las pruebas de sensibilidad olfativa y gustativa de manera satisfactoria pasaron a la fase de caracterización. A lo largo de la fase de selección, caracterización y entrenamiento algunos jueces fueron descartados en función del resultado o por falta de disponibilidad.

5.1.3. Caracterización de la sensibilidad del instrumento mediante la detección de umbrales (ISO 3972:2001)

Esta etapa permitió conocer la sensibilidad y la capacidad de los jueces seleccionados de la etapa anterior de distinguir diferencias de concentración de los estímulos gustativos y olfativos. Se determinaron los umbrales de percepción, identificación y diferenciación de los jueces que aprobaron la fase de selección, aplicando la metodología establecida en la norma AFNOR V09-002. Los compuestos y concentraciones que se utilizaron para cada estímulo gustativo y olfativo se encuentran en la **Tabla 6**. Las concentraciones para cada compuesto se establecieron por progresión geométrica mayores y menores partiendo de las concentraciones utilizadas en la fase de selección.

Tabla 6 Compuestos y concentraciones utilizadas en las pruebas de umbrales olfativos y gustativos

Compuesto	**(Concentración ppm)**										
Ácido butírico	0	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200	6400
4-hexen-3-ona	0	0.25	0.5	1	2	4	8	16	32	64	128
Butanoato de Metilo	0	5	10	20	40	80	160	320	640	1240	2560
Butanoato de Etilo	0	5	10	20	40	80	160	320	640	1240	2560
Compuesto	**(Concentración g/L)**										
Sacarosa	0	0.5	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4	7.2	8
Ácido cítrico	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15	0.175	0.2	0.225	0.25
Quinina	0	0.0006	0.001	0.0015	0.002	0.0025	0.003	0.0035	0.004	0.0045	0.005
Cloruro de Sodio	0	0.09	0.3	0.45	0.6	0.75	0.9	1.05	1.2	1.35	1.5

Para los ocho estímulos, la mecánica de la prueba fue la misma: los jueces recibieron una hoja de evaluación (**ANEXO 4**) y 20 mL de cada una de las 11 concentraciones crecientes del estímulo, en frascos de vidrio ámbar de 75 mL cerrados herméticamente (previamente puestos al equilibrio vapor-líquido a 20°C). Todos los frascos estaban codificados con números

aleatorios de tres cifras. Se les indicó a los jueces, en el caso de los gustos que probaran y en el caso de los olores que olieran el contenido de los frascos e indicaran al lado del código correspondiente:

0 si no percibían nada
X si percibían algo pero no lo sabían identificar (Umbral de percepción)
XX si identificaban el estímulo (Umbral de identificación)
XXX si identificaban un incremento de la intensidad del estímulo respecto al frasco anterior (Umbral diferencial).

5.1.4. Entrenamiento de los jueces (ISO 8587:2006)

El objetivo de esta etapa fue familiarizar al juez con las pruebas de evaluación sensorial y, con las características perceptibles de frutos de papaya, para obtener información cualitativa de esas características (**Figura 2**) y posteriormente medir su intensidad.

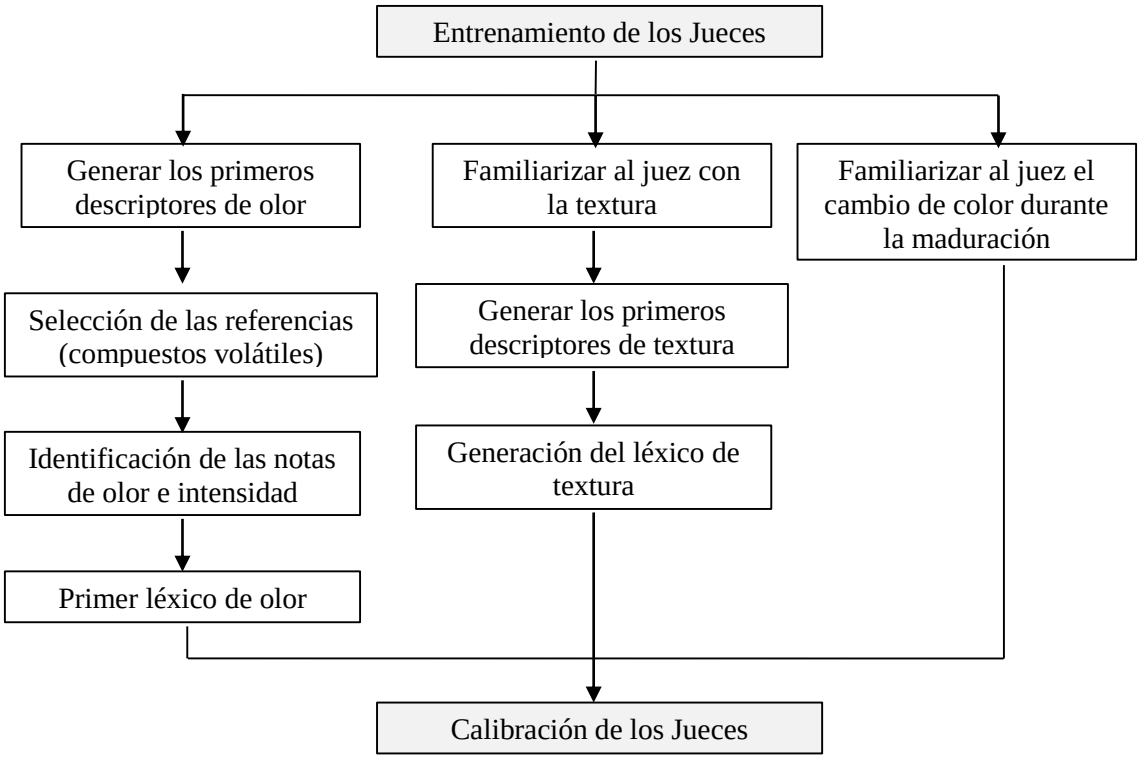


Figura 2 Etapas para el entrenamiento de los jueces.

<u>FRUTOS DE PAPAYA</u>

En algunas etapas del entrenamiento y calibración se utilizaron 25 variedades diferentes de papaya (**Tabla 7**), con el fin de familiarizar a los jueces con el gran universo de papayas que existe. Estas variedades fueron las que estuvieron disponibles para el estudio y se utilizaron

para representar la variabilidad que podría existir de las características sensoriales de papayas comerciales, algunas de ellas pertenecen a empresas interesadas en esta investigación. Cada etapa se desarrolló con los frutos de las variedades disponibles en ese momento.

Tabla 7 Diferentes variedades de papaya utilizadas durante el proyecto

VARIEDADES	TIPO	ORIGEN
Maradol	*Carica papaya L.*	Colima, Michoacán y Jalisco
Royal	Semillas del Caribe S.A de C.V.	Colima, México
Sensación	Semillas de Caribe S.A. de C.V.	Colima, México
G260	AGROMOD	Chiapas, México
G279	AGROMOD	Chiapas, México
LOTE 1 (10 variedades) **A1-A10**	AGROMOD	Chiapas, México
LOTE 2 (10 variedades) **A11-A20**	AGROMOD	Chiapas, México

Almacenamiento de los frutos

Los frutos fueron etiquetados y almacenados a 20°C±2 en un cuarto obscuro hasta su uso. Para las evaluaciones sensoriales de los frutos se establecieron estados de madurez colocando los frutos sobre mesas para evaluar el color de la cáscara y la textura de los frutos en conjunto para su posterior evaluación por los jueces (Santamaría, 2009).

5.1.4.1. Generación de descriptores de olor de frutos de papaya

Para generar los primeros descriptores de olor de frutos de papaya se presentaron a los jueces frutos variedad Maradol en cuatro diferentes estados de madurez. Se usó como estrategia metodológica la prueba A-no-A ISO 8588:1987 **(ANEXO 5)** usando como referencia "A" el fruto en madurez de consumo y cada una de las muestras problema correspondía a frutos[1] en diferente estado de madurez. Durante la prueba se le pidió al juez que oliera y describiera el olor de la muestra "A", y que posteriormente analizara esos mismos atributos en las muestras

[1] Los frutos que se utilizaron para la prueba se lavaron, se retiró la cáscara y semillas y se cortaron en cubos del mismo tamaño (4 cm^3) para colocarlos en vasos de plástico (4 Oz), tapados y codificados con números aleatorios de tres cifras, las muestras se prepararon al menos 3 horas antes previo a las evaluaciones.

problema e indicara con base en el olor cuál de las muestras codificadas era la que se parecía a "A" y la característica de olor que le permitió identificar la semejanza o la diferencia. Esta tarea tuvo dos propósitos generar de manera indirecta descriptores diferenciadores de olor, los cuales sirvieron de referencia para la selección de compuestos volátiles que están presentes en frutos de papaya y familiarizar al los jueces con las características de olor de la papaya.

5.1.4.2. Selección de las referencias (compuestos volátiles)

Una vez obtenido de manera indirecta un vocabulario global que describe el olor de los frutos de papaya, se seleccionaron algunos compuestos volátiles a los que se les atribuyeran las notas de los descriptores del vocabulario generado por los jueces y que además fueran compuestos clave en el perfil aromático de frutos de papaya principalmente en la variedad Maradol de acuerdo a lo reportado en bibliografía. Se seleccionaron 7 compuestos volátiles (**Tabla 8**), 3 de ellos ya utilizados en la fase de selección y caracterización de los jueces. Las concentraciones de los compuestos agregados se determinaron con pruebas preliminares de detección.

Tabla 8 Compuestos volátiles presentes en frutos de papaya seleccionados para el entrenamiento de los jueces.

Compuesto Volátil	Concentración (ppm)
Bencil isotiocianato	0.8
Butanoato de metilo	40
Butanoato de etilo	40
Acetato de isoamilo	3
4-hexen-3-ona	20
mercapto-3-metil-1-butanol	0.5
Ácido butírico	800

5.1.4.3. Identificación de las notas de olor e intensidad (ISO: 11035 1994)

Una vez seleccionados los siete compuestos volátiles, se verificó que esos compuestos generaran las notas de los descriptores que los jueces habían utilizado en el vocabulario inicial, por lo que se llevaron a cabo pruebas de identificación (**ANEXO 6**) de la siguiente manera: A cada juez se le presentaron siete muestras correspondientes a cada uno de los compuestos volátiles en solución (20 mL en frascos ámbar codificados con números aleatorios de 3 cifras, herméticamente cerrados con una contratapa de papel aluminio y tapa de plástico a 22 °C). La concentración usada para cada compuesto se muestra en la **Tabla 8**. Durante la

prueba se le pidió al juez oler cada muestra solamente una vez para posteriormente anotar un descriptor que le permitiera identificar el olor de cada uno de los compuestos, repitiendo este procedimiento para cada solución de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 5496:2006. Una vez identificados los olores de las siete soluciones, se le pidió al juez concentrarse en la intensidad del olor, para comparar y ordenar las soluciones de menor a mayor intensidad. Las pruebas se hicieron por triplicado (tres sesiones) y se generaron 52 descriptores.

- Reducción de Descriptores

A través de un primer consenso se analizaron los 52 descriptores atribuidos a los siete compuestos volátiles, se discutieron las semejanzas y diferencias del vocabulario, con el fin de eliminar sinónimos, dejando únicamente los descriptores que ellos consideraron que describen el olor de cada compuesto volátil, sin embargo para algunas notas de olor hubo más de 3 descriptores, por lo que se llevaron a cabo pruebas con productos.

5.1.4.4. Generación del primer léxico de olor

Para reducir y establecer descriptores del olor de cada uno de los compuestos volátiles; se utilizaron productos que los jueces tomaron como referencia para describir las notas de olor de los compuestos volátiles, con el fin de lograr exactitud en la identificación de los olores, y generar un léxico más preciso. Para atribuir los nombres a las notas de olor de los compuestos volátiles se recurrió a pruebas individuales de identificación y asociación (**ANEXO 7**). Durante las pruebas se usó como muestras referencia los compuestos volátiles en solución y como muestras problema los productos que los jueces utilizaron para describir las notas de olor. Las muestras referencia y problema se presentaron en frascos ámbar, tapados con papel aluminio y tapas de plástico y codificados con números de 3 cifras totalmente al azar. Se llevaron a cabo 10 sesiones, 2 sesiones por cada compuesto volátil.

5.1.4.5. Familiarización del juez con la textura de frutos de papaya

Para familiarizar a los jueces con la textura y la variación que sufre la papaya durante la maduración, se les presentaron frutos enteros de papaya variedad Maradol en 4 diferentes estados de madurez. Se utilizaron pruebas descriptivas y de ordenamiento **(ANEXO 8)** para poder obtener de manera indirecta los primeros descriptores de textura. Durante la prueba se le pidió al juez tocar con la mano los frutos enteros, describir la textura y posteriormente ordenar los frutos de menor a mayor grado de madurez usando únicamente la textura como criterio de

decisión. Los frutos enteros que se utilizaron para la prueba se lavaron y se etiquetaron con números aleatorios de tres cifras.

5.1.4.6. Generación de descriptores de textura

Se utilizaron frutos de dos variedades diferentes (Royal y Sensación) en 4 diferentes estados de madurez. Se utilizaron pruebas A-no-A ISO 8588: 1987 (**ANEXO 9**) para que el juez evaluara en boca la textura de la pulpa de los frutos, con el objetivo de generar de manera indirecta descriptores de textura, además de enseñar y familiarizar al juez el procedimiento para evaluar la textura de los frutos en boca y lograr identificar las diferentes magnitudes que existen en un atributo que es medido con diferentes instrumentos (boca y mano).

- Variedades Royal y Sensación

Para las pruebas A-no-A se tomó como referencia "A" el fruto en madurez de consumo. Los frutos que se utilizaron para las pruebas se lavaron, se retiró la cáscara y semillas y se cortaron en cubos (4 cm^3) y se colocaron en vasos de plástico (4 Oz), tapados y codificados con números aleatorios de tres cifras. Durante la prueba se le indicó al juez que debía morder la muestra "A" así como las 3 muestras problema e indicar únicamente con base en la textura percibida en boca, cuál de las muestras codificadas era la que se parecía a "A"; así como la característica de textura que le permitió identificar la semejanza o la diferencia, para generar de manera indirecta descriptores de textura, obteniendo un léxico inicial de 19 descriptores.

5.1.4.6.1. Reducción de descriptores de textura

Posteriormente, se llevó a cabo un primer consenso de los descriptores para que los jueces se familiarizaran con los términos de textura de acuerdo a la clasificación de conceptos de textura por la norma ISO 5492:2008. Durante el consenso se eliminaron del primer vocabulario de textura términos semejantes y se situó al juez en el amplio espectro de textura que existe a través de conceptos y referencias, además se establecieron las características que utilizaron al momento de evaluar los frutos en mano y boca para usarlos como referencia en futuras pruebas.

5.1.4.6.2. Generación del léxico para evaluar textura

- Variedades G260 y G279

Se utilizaron las variedades G260 y G279 en 4 diferentes estados de madurez, para que el juez describiera su textura utilizando las características con las que se habían familiarizado durante

el primer consenso. Además se llevó a cabo un segundo consenso donde se establecieron los siguientes puntos:

1. Atributos para evaluar textura
2. Definición de los atributos.
3. Con qué instrumento se llevará a cabo la medición (mano o boca)
4. ¿Cómo evaluar los atributos?

Todo esto para lograr homogeneidad al momento de evaluar la textura generando con el fin de disminuir al máximo los sesgos debidos al modo de evaluar, para obtener una mayor precisión y generando un léxico final para las pruebas descriptivas y de intensidad.

5.1.4.7. Familiarización del juez con el color de frutos de papaya

Se utilizaron pruebas de ordenamiento (**ANEXO 10**) para familiarizar a los jueces con la gama de colores y los cambios de color de los frutos de papaya durante su maduración; se usaron frutos enteros variedad Maradol en 4 diferentes estados de madurez. Durante la prueba, se le pidió al juez que observara los frutos y que describiera el color, posteriormente que ordenara los frutos de menor a mayor grado de madurez usando como único criterio el color, considerando que, conforme el fruto madura, el color verde se va perdiendo y va apareciendo el color amarillo hasta convertirse en anaranjado. Los frutos enteros que se utilizaron para la prueba se lavaron y se etiquetaron con números aleatorios de tres cifras.

5.1.5. Calibración de los Jueces

En la evaluación sensorial la calibración consiste en evaluar la repetibilidad, reproducbilidad del grupo de jueces potenciales. Para ello, con base en la norma ISO17025 (ISO, 2005a) se realizaron pruebas como identificación de referencias de olor y habilidad de discriminación. Esta fase tuvo como objetivo desarrollar y evaluar la repetibilidad y reproducibilidad del grupo de jueces entrenados. Para asegurar que el método debe generar resultados confiables (repetibilidad, reproducibilidad y habilidad de discriminación) debe ser acreditado por la norma ISO 17025 (ISO, 2005a).

En la **Figura 3** se muestran las etapas que se siguieron para la calibración del grupo de jueces de acuerdo a lo reportado por Etaio y colaboradores en el 2010.

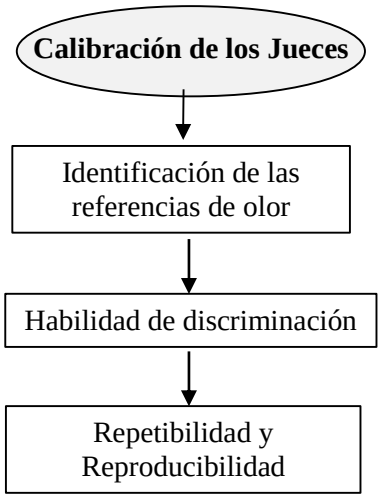


Figura 3 Etapas para la calibración de los jueces

Los aspectos más importantes para el desempeño del grupo de jueces son la repetibilidad, reproducibilidad y discriminación. Cuando se habla de repetibilidad, lo que se busca es observar si el juez da la misma puntuación a un atributo cada vez que el producto es evaluado; la reproducibilidad se refiere a la constancia del grupo de jueces, mide si todos los jueces detectan y están de acuerdo en las diferencias que existen entre los productos. El tercer índice del desempeño de los jueces es la discriminación y se define como la habilidad del grupo de jueces de encontrar diferencias entre muestras basadas en los atributos sensoriales que están midiendo. Adicionalmente para monitorear la habilidad de clasificación de los jueces es importante considerar qué tan completo es el léxico cuando se describe un producto, para esto se debe de considerar que todos los atributos que los jueces perciben estén representados por el vocabulario.

5.1.5.1. Identificación de las referencias de olor

Mediante pruebas de identificación se evaluó la habilidad de los jueces para identificar las referencias empleadas a lo largo del entrenamiento. Para ello, a cada juez se le presentó un grupo de siete compuestos volátiles en solución[2]. Durante la prueba se le pidió al juez que identificara el olor de cada uno de los compuestos volátiles utilizando el léxico de olor generado por ellos mismos (**ANEXO 11**). El criterio de selección fue que cada juez

[2] 20 mL de cada solución en frascos de vidrio ámbar de 80 mL, codificados con números aleatorios de 3 cifras, herméticamente cerrados con una contratapa de papel aluminio y tapa de plástico a 22 °C

identificara más del 90% de las referencias y que el grupo de jueces identificara más del 90% en conjunto, de modo que al final se retuvieron 14 jueces. Se llevaron a cabo 3 sesiones.

Cuando un grupo de jueces sensoriales ha sido entrenado correctamente puede funcionar con precisión instrumental para identificar diferencias cualitativas y cuantitativas entre ciertos productos. Una mala concordancia entre los jueces es ocasionalmente la causa de un bajo desempeño del grupo de jueces. Este es el caso por ejemplo, cuando un grupo de jueces no está de acuerdo en el significado de los descriptores de un léxico desarrollado para describir diferencias sensoriales percibidas. Si consideramos el léxico como un instrumento para medir las diferencias entre productos , entonces trabajar con un léxico poco comprendido es similar a trabajar con un instrumento que está descalibrado.

$$\text{Identificación de referencias de olor} = \frac{Número\ de\ referencias\ identificadas}{Número\ de\ referencias\ totales} \times 100$$

5.1.5.2. Habilidad de Discriminación

- <u>Identificación de notas de olor semejantes</u>

Para determinar las diferencias sensoriales entre los ocmpuestos que generan notas de queso añejo/ fermentado, papaya madura/ uva y piña/uva se realizó la prueba Dúo-Trío (**ANEXO 13**). En la primera sesión se presentaron al juez tres muestras, una de estas identificada como "R" referencia (butanoato de metilo) y dos muestras problema, una de ellas igual a la referencia (butanoato de metilo) y la otra butanoato de etilo. La tarea del juez era identificar la muestra problema semejante a la referencia. En la segunda sesión se utilizó el ácido butírico como muestra problema. Se decidió eliminar el butanoato de etilo porque es un compuesto que genera notas muy parecidas al butanoato de metilo.

- <u>Identificación de notas de olor en sistemas más complejos</u>

Una vez que los jueces fueron capaces de identificar las notas generadas de manera individual de cada compuesto volátil, se llevaron a cabo pruebas con mezclas de compuestos. Se establecieron dos mezclas con tres compuestos volátiles cada una. Para formular las mezclas se tomó como criterio que los compuestos de la mezcla presentaran las notas más diferentes entre sí para facilitar la identificación (**Tabla 9**). Las pruebas se llevaron cabo para evaluar si los jueces eran capaces de identificar y discriminar las notas de olor dentro de un mismo sistema. En la prueba se le presentaron al juez cuatro soluciones, una solución codificada

como “mezcla”[3] y 3 soluciones problema[4], cada una referente a cada compuesto volátil presente en la mezcla. Durante las pruebas se le pidió al juez identificar cada compuesto volátil de manera individual y posteriormente oler la mezcla e indicar la(s) notas que identificó (**ANEXO 12**). Se realizaron 4 sesiones cada una para cada mezcla y su réplica.

Tabla 9 Compuestos volátiles utilizados para las mezclas

Mezclas	Compuestos volátiles
Mezcla 1	Ácido butírico Bencil isotiocianato 4-hexen-3-ona
Mezcla 2	Butanoato de metilo Acetato de Isoamilo 3-mercapto-3-metil-1-butanol

5.1.5.3. Repetibilidad y Reproducibilidad

- Notas de olor de las referencias

Para evaluar la repetibilidad del grupo de jueces, se analizaron los resultados de la identificación de las referencias de olor. La repetibilidad se evaluó de acuerdo a la capacidad de dar el mismo nombre a la nota de olor de cada compuesto volátil, durante las 3 sesiones. Las pruebas se hicieron por triplicado en diferentes sesiones. El criterio de selección fue de acuerdo a la desviación estándar calculada para cada nota de olor por cada juez (Etaio *et al.*, 2010) siendo SDRr ≥ 0.95. Se calculó tomando el 100% como las respuestas correctas.

$$\textbf{SDRr} = \sqrt{\boldsymbol{Var\ s^2 + Var\ rep^2}}$$

SDRr: Desviación estándar en repetibilidad, calculada para cada nota de olor para cada juez.
Var s= Varianza entre sesiones (desviación estándar de las 3 sesiones)
Var rep= Varianza de la repetibilidad (promedio de las 3 sesiones)

- Desempeño en pruebas de intensidad

Posteriormente se realizaron pruebas de intensidad de las notas de olor (**ANEXO 14**) para frutos de variedad Maradol. Estas pruebas se llevaron a cabo por duplicado el mismo día,

[3](7 mL de cada solución acuosa de cada compuesto volátil, para formar un volumen final de 21 mL en frascos de vidrio ámbar de 80 mL, codificados con números aleatorios de 3 cifras, herméticamente cerrados con una contratapa de papel aluminio y tapa de plástico a 22 °C)
[4] (20 mL de cada solución en un frasco ámbar de 80 mL, codificados con números aleatorios de 3 cifras, herméticamente cerrados con una contratapa de papel aluminio y tapa de plástico a 22 °C)

dejando pasar al menos cinco horas entre las sesiones. Para las pruebas se utilizó una escala de 16 cm semi-estructurada con referencias mínimas (solución de agua sin compuestos volátiles) y máximas por cada compuesto volátil ancladas en los extremos (**Tabla 10**), establecidas de acuerdo a los umbrales de identificación de los jueces. Durante la prueba se le presentaron al juez las referencias mínimas y máximas de los 6 compuestos volátiles en solución acuosa de manera individual[5] y dos muestras problema que fueron cubos de papaya variedad Maradol[6]; se le pidió al juez que oliera las referencias mínimas y máximas de cada nota de olor y las memorizara para posteriormente evaluar la intensidad de cada nota de olor en las muestras problema utilizando como referencias mínimas y máximas las proporcionadas.

Tabla 10 Referencias máximas utilizadas en las pruebas de intensidad

Compuesto volátil	Ref. máxima ppm
Butanoato de metilo	50
Bencil isotiocianato	0.9
3-mercapto-3-metil-1-butanol	0.6
Acetato de isoamilo	4
4-hexen-3-ona	25
Ácido butírico	900

5.2. Implementar metodologías instrumentales para medir algunas de las propiedades físicas y químicas de los frutos de papaya.

Las mediciones instrumentales se llevaron a cabo en el laboratorio de Tecnología Alimentaria del CIATEJ. Se realizaron mediciones para las 25 variedades de papaya.

5.2.1. Mediciones Fisiológicas

Se realizaron mediciones fisiológicas de los frutos de las 25 diferentes variedades de papaya, en diferentes estados de madurez. Los frutos de papaya se cortaron a la mitad verticalmente (**Imagen 2**) para medir el ancho del mesocarpo de la región del pedicelo (parte superior), de la región del pedúnculo (parte inferior) y de la región izquierda y derecha (los resultados se reportan en grosor y es el promedio de las 4 mediciones) así como el ancho (diámetro ecuatorial) y largo (diámetro polar) total del fruto y el ovario.

[5] 20 mL de cada solución en frascos de vidrio ámbar de 80 mL, codificados como Referencia Mínima y Referencia Máxima, herméticamente cerrados con una contratapa de papal aluminio y tapa de plástico a 22 °C

[6] los frutos fueron lavados, pelados, se les retiró las semillas y se cortaron en cuadrados de 4 cm^3, se colocaron en vasos de plástico de 4 Oz, tapados y codificados con números de 3 cifras al azar

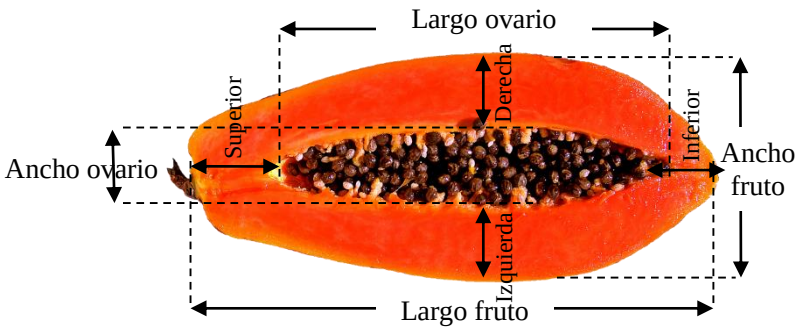


Imagen 2 Esquema de las mediciones fisiológicas de los frutos de papaya

5.2.2. Mediciones Fisicoquímicas

5.2.2.1. Sólidos solubles totales (SST)

Las mediciones de los sólidos solubles totales se llevaron a cabo por medio de un refractómetro Reichert-Jung ABBE Mark II 10480 USA, el cual se calibró con agua destilada antes de realizar las mediciones. Para medir los °Bx se tomó un cubo de la zona ecuatorial del fruto y se midió directamente a una temperatura de 21±2°C. Las mediciones se realizaron por triplicado para cada variedad y en diferentes muestreos, dependiendo del número de frutos disponibles.

5.2.2.2. Acidez titulable

Se llevó acabo utilizando la técnica de titulación con hidróxido de sodio al 0.1 N de acuerdo a lo establecido en el método (AOAC 1998). Se homogenizó 20 g de pulpa de los frutos (sin cáscara ni semillas) en 50 mL de agua destilada calentada a 70°C. Se midió la acidez con un potenciómetro Thermo Scientific Orion 3-star plus hasta que el pH alcanzó el 8.1. La acidez se reportó en % de ácido málico y cítrico por cada 100 gramos de pulpa. Se hizo por replicado.

% de ácido cítrico: (mL de NaOH 0.1 N * (0.006404)/ 20 g de pulpa) *100 = % de ácido cítrico por cada 100 gr de pulpa

% de ácido málico: (mL de NaOH 0.1 N * (0.006704)/ 20 g de pulpa) *100 = % de ácido málico por cada 100 gr de pulpa.

5.2.2.3. pH

Se llevó acabo de acuerdo a lo establecido en el método (AOAC 1998). Se homogenizaron 20 g de pulpa de los frutos (sin cáscara ni semillas) en 50 mL de agua destilada calentada a 70°C. Se midió el pH con un potenciómetro Thermo Scientific Orion 3-star plus por triplicado.

5.2.2.4. % de Humedad

Se colocó 1g de pulpa macerada (sin semillas ni cáscara) en charolas de metal y se calentó hasta 70°C en una termobalanza AND MF-50 de acuerdo al método AOAC 1998. Las mediciones se hicieron por triplicado.

5.2.2.5. Actividad de Agua (Aw)

Se colocaron 2 g de pulpa macerada (sin semillas ni cáscara) en charolas de plástico en el Aqualab series 4TEV a una temperatura de 22°C. Se realizaron por triplicado.

5.2.2.6. Compuestos Volátiles

El análisis de compuestos volátiles se realizó con 11 variedades (10 variedades del Lote 1: A1-A10 y Variedad Maradol). La variedad Maradol se utilizó en dos estados de madurez (madurez comercial (PMV) y madurez de consumo (PMM))y además los frutos en madurez de consumo fueron de 2 cosechas diferentes una en Marzo y otra en Junio. Los frutos del Lote 1 (A1-A10) en 2 diferentes estados de madurez (fisiológica y de consumo). Los resultados del Lote 1 (A1-A10) se encuentran en la parte de **ANEXOS**.

Se almacenaron 50 g de la pulpa sin cáscara ni semilla de los frutos de las 11 variedades (A1-A20 y Maradol), en bolsas de plástico negras, selladas herméticamente y envueltas en papel aluminio, almacenadas a -20°C.

- <u>Extracción de los compuestos volátiles de la pulpa del fruto del espacio de cabeza por Micro-extracción en fase sólida (SPME)</u>

Se usó la técnica de micro-extracción en fase sólida (SMPE, por sus siglas en inglés) que consistió en calentar a 40°C 3 g de pulpa macerada (sin cáscara ni semillas) y 1 g de NaCl en un vial de 15 mL, color ámbar con tapa, en agitación constante (600 min^{-1}), en la parte superior se colocó la fibra de divinilbenceno/carboxan/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) 50/30µm (Sigma-Aldrich) para la extracción de los volátiles. El tiempo de agitación para concentrar los volátiles fue de 10 minutos y el de extracción de los compuestos volátiles del espacio de cabeza del vial de 30 minutos (Pino, 2014). La fibra se limpió y se acondicionó a 250°C durante 15 minutos antes de usarla para cada muestra.

- Análisis de Compuestos volátiles por Cromatografía de Gases–Espectrometría de masas (CG-EM)

La separación e identificación de los compuestos volátiles se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent 6890N Network GC System con detector de masas (cuadrupolo) Agilent 5973 MSD**.** Las condiciones de temperatura y de HR de la sala de cromatografía Duero de 18°C±2 y 60% respectivamente. El cromatógrafo se equipó con una columna DB-WAX (30m x0.25mm x0.25µm) de sílice. La temperatura del inyector y del detector fue de 250°C, la temperatura de interface fue de 250°C con un rango de masa de m/Z 35-400, la temperatura del horno se mantuvo a 50°C por 2 min y se incrementó a razón de 4°C por minuto hasta llegar a 250°C, una vez alcanzada esta temperatura, se mantuvo por 10 minutos. Se utilizó Helio como gas acarreador con un flujo de 1 mL por minuto. La fibra se expuso durante 2 min. Para la espectrometría de masas la energía del electrón fue de 70eV (Kelebek, 2015). Los compuestos se identificaron considerando sus tiempos de retención y la comparación de sus espectros de masas con la biblioteca espectral del equipo y sus índices de retención.

5.2.2.7. Análisis de perfil de Textura (TPA)

Para este análisis se utilizaron frutos variedad Maradol que se compraron con diferentes proveedores. Se utilizaron frutos en madurez fisiológica y madurez de consumo, se dividieron en 3 partes (superior, media, inferior) y se tomaron muestras de cada una de las 3 zonas. Previamente los frutos se lavaron, pelaron y se les retiró las semillas, se cortaron al menos 4 cilindros de 2 cm de diámetro y 2 cm de altura de cada una de las zonas, los cuales se sometieron a doble compresión en un texturómetro TA-XT PLUS, con un plato de compresión de 5 mm de diámetro a una velocidad de 1mm/seg hasta el 30% respecto a la altura inicial de la muestra, para la primera y segunda compresión, con un tiempo de espera de 5 seg entre compresiones (Ramiro Torres, E; Pérez O y Andrade R, 2015). Se realizaron al menos 10 réplicas por cada zona.

5.2.2.8. Color

Posteriormente se hicieron mediciones del color utilizando la escala PANTONE ®. Se utilizaron frutos del Lote 1:A1-A10 en diferentes estados de madurez, para familiarizar a los jueces con la heterogeneidad que puede tener un fruto durante su maduración.

5.3. Descripción sensorial de diferentes variedades de papaya

En esta fase se utilizó 25 variedades diferentes de papaya para familiarizar al grupo de jueces con algunas de las diferentes variedades de papaya que actualmente existen. Esto con el fin de generar un léxico y un perfil sensorial que permita la descripción de frutos de papayas.

5.3.1. Descripción olor (15 variedades diferentes)

Una vez establecido el léxico de olor y evaluada la capacidad de los jueces para identificar las notas en sistemas más complejos, se tuvo como objetivo familiarizar a los jueces con el olor de diversas variedades de papaya para: 1) que el juez conociera las diferencias y semejanzas que existen en papayas de diferentes variedades 2) evaluar la posibilidad de usar el léxico de olor generado para describir frutos de diferentes variedades de papaya.

Se utilizaron 15 variedades diferentes: **Royal, Sensación, G260, G279, Maradol** y 10 variedades del **Lote 1 (A1-A10).** Se seleccionaron 4 diferentes estados de madurez utilizando el color de la cáscara como referencia (Santamaría *et al.*, 2009) para las variedades Royal y Sensación (**Imagen 3**), G279 y G260 (**Imagen 4 y 5**) y la variedad Maradol (**Imagen 5**). Los frutos de las variedades Maradol y del Lote 1 se utilizaron en madurez comercial (**Imagen 6**).

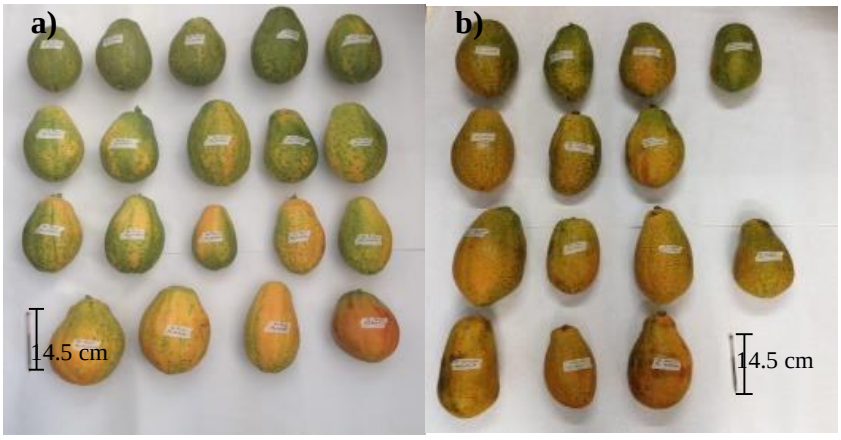


Imagen 3 Frutos de papaya Royal y Sensación. **a)** Variedad Sensación. **b)** Variedad Royal.

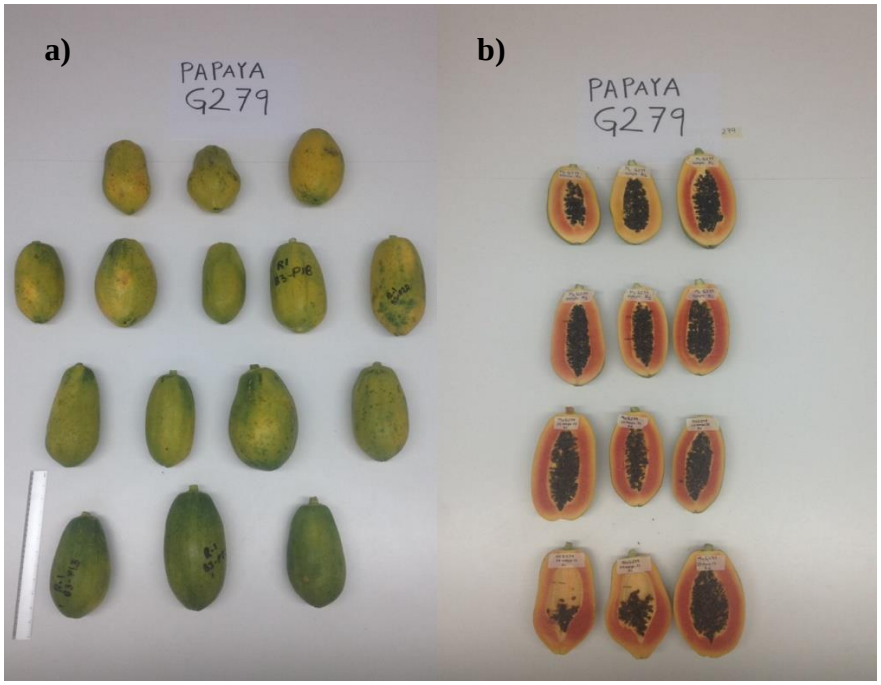


Imagen 4 Frutos de papaya variedad G279 en 4 diferentes estados de madurez. **a)** Color de la cáscara de los frutos enteros **b)** Color de la pulpa.

Imagen 5 a) Frutos de papaya Variedad G260 **b)** Frutos de papaya variedad Maradol.

Imagen 6 Variedades A1-A10 de papaya de la empresa AGROMOD

La descripción del olor se hizo a través de pruebas descriptivas (**ANEXO 17**). Todas las muestras de los frutos de papaya se lavaron, pelaron y se les retiraron las semillas, se cortaron en cubos de 4 cm^3, se colocaron en vasos de plástico transparentes de 4 Oz, tapados y codificados con números de 3 cifras al azar. Las pruebas se llevaron a cabo de la siguiente manera:

- **Variedades Royal y Sensación**

Se le presentaron al juez 2 muestras de papaya (una de cada variedad) en cada sesión, se le pidió que describiera el olor de cada una de las muestras de manera libre. Se llevaron a cabo 4 sesiones, una por cada estado de madurez.

- **Variedades G279 y G260**

Se le presentaron al juez 2 muestras de papaya (una de cada variedad) en cada sesión, se le pidió que describiera el olor de cada una de las muestras de manera libre. Se llevaron a cabo 4 sesiones, una por cada estado de madurez.

- **Variedad Maradol**

Se le presentaron al juez 2 muestras de papaya de diferentes frutos, se le pidió que describiera el olor de cada una de las muestras de manera libre. Se llevaron a cabo 3 sesiones, una por cada replicado.

- **Diez Variedades (Lote 1: A1-A10)**

Para la descripción de estas variedades, se le presentaron al juez 5 muestras (fueron necesarias 2 sesiones para evaluar las10 variedades). Se le pidió al juez que evaluara el olor de las

muestras de manera libre. Se llevaron a cabo 6 sesiones, dos por cada replicado. En estas variedades fue donde se observó un mayor número de notas de olor diferentes por lo que se llevó a cabo un consenso, para que en grupo los jueces evaluaran el olor de las variedades así como descartar algunos sinónimos o descriptores que no hicieran referencia al olor.

5.3.2. Descripción textura (variedades Lote 2: A11-A20)

Ya establecido el vocabulario y el procedimiento para evaluar la textura (apartado 5.1.4.6), se realizaron pruebas descriptivas de 10 diferentes variedades proporcionadas por la empresa AGROMOD con el objetivo de evaluar la pertinencia del léxico desarrollado. La descripción de textura de los frutos se hizo por medio del método CATA (Check-all-that-apply) (**ANEXO 20**) que consistió en presentar a los jueces una lista de 42 atributos (6 atributos de textura) en la que los jueces debían seleccionar aquellos atributos que consideraran adecuados para describir la muestra de fruto de papaya. Se presentaron al juez cubos de 4 cm^3 de cada una de las 3 muestras de papaya (los frutos de papaya se lavaron, pelaron y se les retiraron las semillas, se colocaron en vasos de plástico transparentes de 4 Oz, tapados y codificados con número de 3 cifras al azar). Se llevaron a cabo 6 sesiones, en algunas sesiones se evaluaron 3 muestras y en otras 4, se hicieron por duplicado para las 10 variedades.

5.3.3. Descripción sabor (variedades Lote 1: A1-A10)

Se realizaron pruebas descriptivas de 10 diferentes variedades con el objetivo de que el juez practicara la descripción de diferentes variedades de papaya. La descripción del sabor de los frutos se hizo por medio de pruebas descriptivas (**ANEXO 21**). Durante las pruebas se le presentaron al juez 10 muestras de papaya (los frutos de papaya se lavaron, pelaron y se les retiraron las semillas, se cortaron en cubos de 4 cm^3, se colocaron en vasos de plástico transparentes de 4 Oz, tapados y codificados con número de 3 cifras al azar) para que evaluara el sabor. Durante la prueba se le indicó al juez que el sabor está conformado por: 1.-el gusto (dulce, ácido, amargo, salado), 2.- Las sensaciones trigeminales (picante, astringente, refrescante, etc) y 3.- Los compuestos volátiles. Estas pruebas se llevaron a cabo para conocer como los jueces describen el sabor y obtener un número de descriptores.

5.4. Medición sensorial de las características de frutos de papaya

Se utilizaron frutos de variedad Maradol en diferentes estados de madurez debido a que es la variedad actualmente más comercial a nivel mundial y es la que se usa como referencia para las nuevas variedades del mercado.

5.4.1. Perfil sensorial de olor (variedad Maradol)

Una vez familiarizados los jueces con el olor de los frutos de papaya de diferentes variedades y con el uso de la escala, se evaluó la capacidad del juez de identificar diferencias en la intensidad de las notas de olor características de frutos de papaya en diferentes estados de madurez. Se llevaron a cabo pruebas de intensidad (**ANEXO 14**) referentes a las seis notas más características del olor descritas por los jueces. Las pruebas se llevaron a cabo utilizando escalas semi-estructuradas de 16 cm con referencias mínimas y máximas de cada compuesto volátil a los lados (**Tabla 11**), establecidas de acuerdo a los umbrales de identificación de los jueces.

Tabla 11 Referencias máximas utilizadas en las pruebas de intensidad

Compuesto volátil	Ref. máxima ppm
Butanoato de metilo	50
Bencil isotiocianato	0.9
3-mercapto-3-metil-1-butanol	0.6
Acetato de isoamilo	4
4-hexen-3-ona	25
Ácido butírico	900

Durante la prueba se le presentaron al juez las referencias mínimas y máximas de los 6 compuestos volátiles en solución acuosa de manera individual (20 mL de cada solución en frascos de vidrio ámbar de 80 mL, codificados como Referencia Mínima y Referencia Máxima, herméticamente cerrados con una contratapa de papel aluminio y tapa de plástico a 22 °C) y tres muestras de papaya Maradol en diferente estado de madurez[7] (madurez fisiológica, comercial y de consumo). Se le pidió al juez oler las soluciones de referencia mínimas y máximas para cada nota de olor y memorizarlas para posteriormente evaluar su presencia e intensidad de olor en las muestras problema, utilizando como referencias de olor

[7] los frutos fueron lavados pelados, se les retiró la semilla y se cortaron en cuadros de 4 cmX4cm, se colocaron en vasos de plástico de 4 Oz, tapados y codificados con número de 3 cifras al azar.

mínimas y máximas las que se le presentaron. Las pruebas se llevaron por triplicado en tres sesiones.

5.4.2. Perfil sensorial de textura (variedad Maradol)

El desarrollo de perfil de textura se hizo evaluando la intensidad de los atributos de textura en frutos de la variedad Maradol en 2 diferentes grados de madurez (comercial y consumo). El estado de madurez se estableció de acuerdo al contenido de sólidos solubles (°Bx). Los frutos que contenían cerca de 9°Bx se consideraron como frutos maduros. Se llevaron a cabo pruebas de intensidad (**ANEXO 15**) utilizando una escala de 16 cm semiestructurada, con referencias mínimas y máximas de cada atributo (**Tabla 12**).

Tabla 12 Léxico y referencias mínimas y máximas utilizadas para evaluar la intensidad

Atributo	Descripción	Referencias
Firmeza en mano	Fuerza inicial requerida para deformar la muestra	Min: Espárragos verdes (San Lorenzo) Max: Manzana verde
Firmeza en boca	Fuerza inicial requerida para morder completamente la muestra con los dientes incisivos	Min: Queso panela (La villita) Max: Manzana verde
Cohesividad	Exceso de suavidad sin morder la muestra	Min: Queso crema (philadelphia) Max: Manzana
Jugosidad	Cantidad de jugo liberado durante las primeras tres mordidas	Min: Manzana Max: Sandía
Fibrosidad	Cantidad de estructuras fibrosas detectadas durante la masticación	Min: Durazno Max: Piña
Grumosidad	Cantidad de grumos detectados durante la masticación	Min:yogurt (Danone) Max: Avena cocida

- <u>Intensidad de atributos de textura en diferentes variedades (variedad Maradol y A3)</u>

Se compararon 2 variedades de papaya (A3 y Maradol) a través de pruebas de intensidad (**ANEXO 15**) referentes a los 5 atributos del léxico de textura descritos por los jueces. Se siguió el procedimiento antes mencionado. Durante la prueba se le presentó al juez las referencias mínimas y máximas de los 5 atributos en frascos de plástico de 20 mL, tapados y codificados como “referencia mínima” y “referencia máxima” así como las muestras problema

que fueron cubos de papaya de las variedades A3 y Maradol. Las pruebas se hicieron por triplicado.

5.4.3. Perfil sensorial de sabor (variedad Maradol)

Para evaluar la intensidad de los descriptores del sabor no fue necesario realizar un entrenamiento previo, debido a que los jueces ya presentaban un entrenamiento para el olor y la detección de los 4 gustos básicos. Se llevaron a cabo pruebas de intensidad (**ANEXO 16**) referentes a los atributos características del sabor de los frutos de papaya descritas por los jueces. Las pruebas se llevaron a cabo utilizando una escala semi-estructurada de 16 cm con referencias mínimas y máximas de cada atributo ancladas a los lados (**Tabla 13**).

Tabla 13 Atributos y referencias utilizadas para la descripción del sabor

Atributo	Compuesto	Referencia máxima
Gusto dulce	Sacarosa	10 g/L
Gusto amargo	Quinina	0.002 g/L
Gusto ácido	Ácido cítrico	0.4 g/L
Gusto salado	Cloruro de sodio	0.6 g/L
Aroma: cebolla/ ruda	3-mercapto-3-metil-1-butanol	0.6 ppm
Aroma: papaya verde/ látex	Bencil isotiocianato	0.9 ppm
Aroma: papaya madura/ uva	Butanoato de metilo	50 ppm
Aroma: chicle de plátano	Acetato de isoamilo	4 ppm
Aroma: barniz de uñas	4-hexen-3-ona	25 ppm
Aroma: queso añejo/ fermentado	Ácido butírico	900 ppm

Durante la prueba se le presentaron al juez las referencias mínimas y máximas de los cuatro gustos y de los seis compuestos volátiles referentes al sabor codificados como “referencia mínima” y “referencia máxima” y dos muestras de las 10 variedades (los frutos fueron lavados pelados, se les retiró la semilla y se cortaron en cuadros de 4 cm^3, se colocaron en vasos de plástico de 4 Oz, tapados y codificados con número de tres cifras al azar); se le pidió al juez que probara las muestras de referencia mínimas y máximas para cada gusto y las memorizara para posteriormente evaluar la intensidad de cada uno de los gustos en las muestras problema; posteriormente tenía que oler únicamente las referencias de los compuestos volátiles mínimas y máximas y evaluar la intensidad en boca de esos compuestos volátiles en las muestras problema. Las pruebas se hicieron por triplicado.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Conformación de un grupo de jueces sensoriales para evaluar frutos de papaya

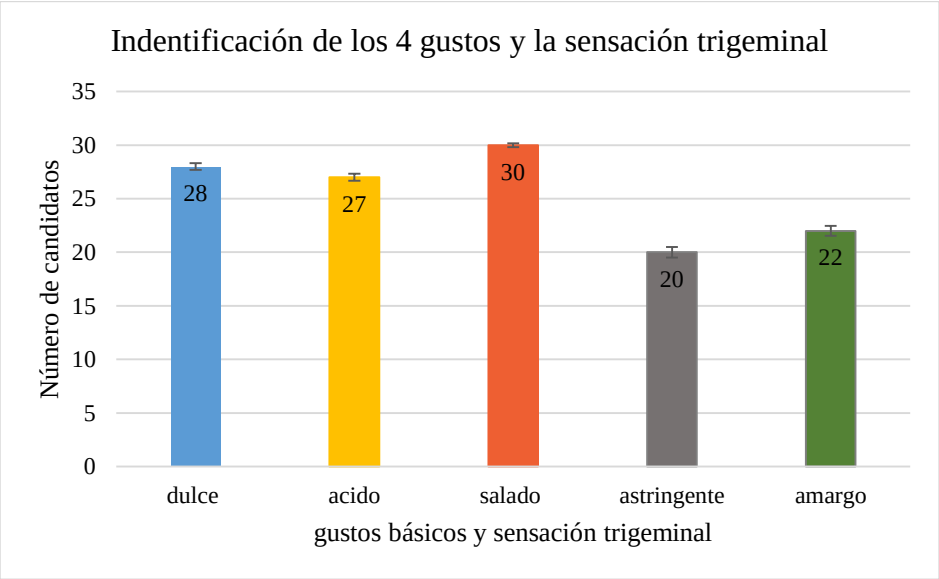
6.1.1. Pre-selección de los candidatos (ISO: 6658 1985)

Del total de 47 voluntarios que participaron en esta fase se retuvieron 30 voluntarios (15 hombres y 15 mujeres) entre 23 y 34 años de edad, de acuerdo a lo establecido por la norma ISO: 6658 195 los cuales pasaron a la fase de selección.

6.1.2. Selección de los candidatos (ISO: 6658 2005)

Prueba de sensibilidad gustativa

En esta fase, de los 30 candidatos que participaron, el 100% logró identificar el gusto salado, el 93% y el 90% el gusto dulce y ácido respectivamente. El 60% y 66% de los candidatos identificaron la sensación astringente y el gusto amargo respectivamente (**Gráfica 1)**, esto puede deberse a que la población en general está poco familiarizada con la sensación astringente y el gusto amargo que es percibido como poco agradable. El gusto amargo dependiendo de la concentración en la que se encuentre, puede confundirse con el gusto dulce (Drewnoski *et al.*, 2016).

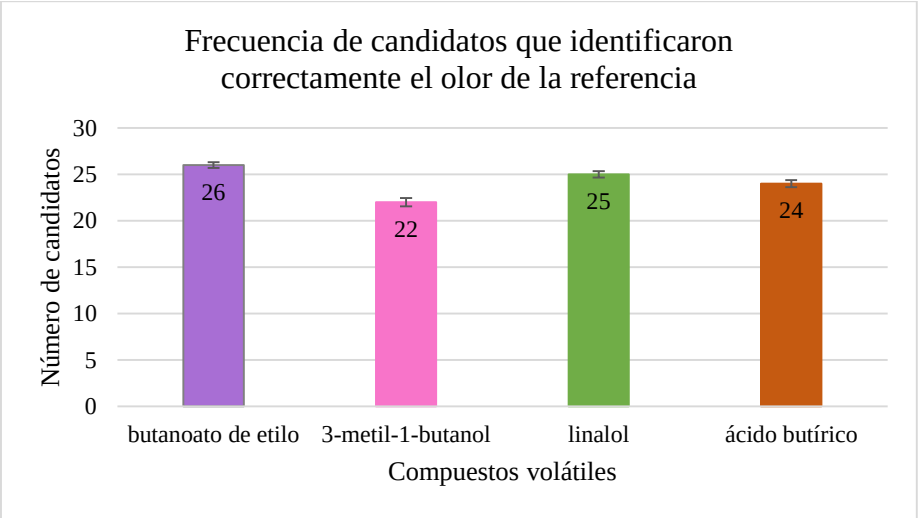


Gráfica 1 Identificación de los cuatro gustos y la sensación astringente por los candidatos

Prueba de sensibilidad olfativa

Para los candidatos fueron complejas las pruebas de sensibilidad olfativa, porque a diferencia de los gustos que ya están establecidos y se sabe que son cuatro; de los compuestos volátiles que se presentaron a los candidatos, algunos se encuentran en alimentos de consumo

frecuente; por lo que el nombre que se le otroge al olor de cada compuesto volátil dependerá de la experiencia y los recuerdos de cada persona; por eso en esta prueba no se tomó como criterio decisivo el nombre que otorgan al olor de cada compuesto, sino la capacidad de los candidatos de relacionar correctamente las muestras problema con las muestras de referencia. En la **Gráfica 2** se observa que el 73% (22 candidatos) fue capaz de asociar correctamente el olor percibido de los compuestos volátiles problema con sus referencias. Los candidatos que lograron asociar correctamente los compuestos volátiles pasaron a la fase de entrenamiento.



Gráfica 2 Frecuencia de candidatos que identificaron correctamente el olor de la referencia

6.1.3. Caracterización de la sensibilidad del instrumento mediante la detección de umbrales (ISO 3972:2001)

El umbral es definido por la ASTM como aquella concentración más baja a la cual un estímulo es percibido. Actualmente se sabe que en los seres humanos no existen umbrales de identificación fijos para cada compuesto, debido a la variabilidad interpersonal que existe, así como la disponibilidad de los compuestos en los productos que se evalúan. Los umbrales se obtienen calculando la media geométrica grupal de percepción, identificación y diferenciación de los jueces por cada estímulo, con el fin de establecer una concentración promedio que pueda usarse como referencia para las fases de entrenamiento y calibración.

Al tener un instrumento de medición tan complejo como las personas, no es posible medir directamente la concentración absoluta de los estímulos (gustativo u olfativo) que interactúan a los niveles receptivos humanos, por lo que es necesario presentar a los jueces una serie de concentraciones ascendentes y descendentes para conocer la concentración óptima y usarla

como punto de partida en la percepción objetiva de estímulos, que puedan convertirse a cantidades específicas como partes por millón (ppm), gramos por litro (g/L), moles por litro (mol/L), etc. Actualmente existen diversos estudios que revelan que las personas presentan una similitud en su capacidad de discriminar la intensidad de los gustos formando niveles mínimos y máximos, pero difieren en las magnitudes con las que forman esos niveles (Laing *et al.,* 1994; Prescott *et al.,* 1997; Holt *et al.,* 2000 y Bahauddin *et al.,* 2015).

En este trabajo se utilizó el método Best Estimate Threshold (BET) (Meilgaard, 2001) para calcular los umbrales de percepción, identificación y diferencial gustativos y olfativos.

- **Umbral de percepción**: Punto en el cual se percibe la presencia de algo en la solución, pero aún no se puede reconocer.
- **Umbral de identificación**: Punto en el cual se identifica el estímulo en la solución y se le da un nombre.
- **Umbral diferencial**: Punto en el cual se percibe un cambio en la intensidad con respecto a la muestra anterior.

Umbrales Gustativos

La **Tabla 14** muestra los umbrales grupales de percepción, identificación y diferenciación de los 4 gustos básicos calculados por el método BET con las respuestas que dieron los jueces durante tres sesiones para cada umbral. Se observó que durante las sesiones, los umbrales grupales disminuyeron, esto es un mecanismo normal, debido a que el juez se familiariza con el estímulo y mecánica de la prueba. El umbral más alto que se obtuvo fue para el gusto dulce, que coincide con otro trabajo realizado en el 2015 con personas mexicanas sanas (Juárez-Hernández, 2015). En diversos animales (incluido el ser humano) las bases evolutivas involucradas en la atracción por el gusto dulce, se deben a la necesidad de encontrar fuentes disponibles de energía metabólica, principalmente glucosa. Otros estudios asocian el gusto dulce con el contenido de vitaminas y minerales en alimentos naturales (frutas y verduras) maduros.

Tabla 14 Umbrales de percepción, identificación y diferenciación de los 4 gustos básicos

	Umbral de Percepción BET			**Media Geométrica (g/L)**	**Umbral de Identificación BET**			**Media Geométrica (g/L)**	**Umbral Diferencial BET**			**Media Geométrica (g/L)**
	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3		Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3		Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	
Dulce (Sacarosa) g/L	1.64	1.36	0.96	**1.29** ± 1.68	2.99	2.82	2.66	**2.82** ± 1.64	5.39	4.49	4.39	**4.73** ± 1.53
Salado (NaCl) g/L	0.15	0.09	0.07	**0.10** ± 0.13	0.34	0.39	0.28	**0.33** ± 0.27	0.63	0.65	0.62	**0.63** ± 0.28
Ácido (Ácido cítrico) g/L	0.085	0.082	0.059	**0.075** ± 0.059	0.134	0.132	0.119	**0.128** ± 0.328	0.179	0.187	0.162	**0.176** ± 0.046
Amargo (Quinina) g/L	0.0014	0.0013	0.0007	**0.0011** ± 0.001	0.0021	0.0020	0.0013	**0.0018** ± 0.001	0.0031	0.0032	0.0021	**0.0028** ± 0.001

El umbral de identificación del gusto amargo fue el más bajo, esto debido a que el gusto amargo se asocia a peligro o presencia de sustancias tóxicas en los alimentos, por lo que los seres humanos pueden detectarlo a concentraciones muy bajas, a diferencia del gusto dulce que se asocia con una respuesta hedónica fuerte y positiva por los alimentos (Bauchamp, 2016).

La **Tabla 15** muestra algunos umbrales gustativos reportados en una población mexicana, los cuales son muy similares a los reportados en este trabajo, por lo que se concluyó que, el grupo de jueces seleccionado para llevar a cabo las pruebas de evaluación sensorial de los frutos de papaya fue representativo de la población mexicana.

Tabla 15 Comparación con otras investigaciones de los umbrales de identificación de los cuatro gustos básicos

Gusto	Este estudio	Juárez-Hernández (2015)	García-Barrón (2012)
Dulce	2.9 g/L (sacarosa)	3.25 g/L (sacarosa)	2.5 g/L (sacarosa)
Ácido	0.13 g/L (ácido cítrico)	0.41 g/L (ácido cítrico)	0.07 g/L (ácido cítrico)
Salado	0.49 g/L (NaCl)	0.64 g/L (NaCl)	0.41 g/L (NaCl)
Amargo	0.0016 g/L (quinina)	5.34 g/L (urea)	0.0017 g/L (quinina)

Umbrales Olfativos

La **Tabla 16** muestra los resultados de los umbrales olfativos de cuatro compuestos volátiles presentes en la papaya. Existen trabajos que reportan umbrales de identificación para el ácido butírico, acetato de isoamilo, butanoato de etilo y butanoato de metilo en ppb, sin embargo no mencionan como obtuvieron los valores (Leffinwell y Associates). Leonardos y colaboradores en 1969 calcularon el umbral de identificación de 53 compuestos volátiles entre ellos el ácido butírico con un umbral de identificación de 0.001 ppm, pero el procedimiento y las condiciones de presentación de la muestra fueron diferentes.

Tabla 16 Umbrales de percepción, identificación y diferencial para 4 compuestos volátiles presentes en la papaya.

	Umbral de Percepción BET		Media Geométrica (ppm)	Umbral de Identificación BET		Media Geométrica (ppm)	Umbral de Diferenciación BET		Media Geométrica (ppm)
	Sesión 1	Sesión 2		Sesión 1	Sesión 2		Sesión 1	Sesión 2	
Ácido butírico	14.16	12.22	**13.20**	58.53	46.13	**52.26**	160.42	131.47	**145.22**
Butanoato de metilo	4.14	3.67	**3.94**	15.06	8.49	**11.55**	51.43	24.44	**36.43**
Butanoato de etilo	3.54	3.54	**3.54**	5.50	4.06	**8.38**	15.54	11.10	**13.24**
4-hexen-3-ona	0.23	0.42	**0.30**	1.21	1.31	**1.26**	4.99	5.26	**5.11**

Los humanos, en promedio, pueden identificar solamente 3 niveles de intensidad de olor, comparado con otros sentidos en donde siete o más niveles son fácilmente discernibles. Es común encontrar una gran variabilidad en la intensidad percibida de un olor, debido a que los juicios del olor en un análisis descriptivo son a veces más difíciles que los de tacto, visuales o de gusto (Lawless, 1999).

6.1.4. Entrenamiento de los jueces (ISO 8587:2006)

6.1.4.1. Generación de descriptores de olor de frutos de papaya

En la **Tabla 17** se presenta el vocabulario que los jueces utilizaron durante las pruebas A-no-A para describir el olor de los frutos variedad Maradol en diferente estado de madurez. Este vocabuario permitió seleccionar compuestos volátiles que se ha reportado están presentes en el perfil aromático de papaya (Pino, 2014) y que además generan notas parecidas a las mencionadas por los jueces.

Tabla 17 Primeros descriptores de olor utilizados por los jueces en la prueba A-no-A.

Descriptores	
Papaya verde	Papaya madura
Podrido	Plástico
vómito	Agrio
Cítrico	Frutal
Pasto	Dulce

Los jueces utilizaron solamente 10 descriptores de olor para diferenciar los estados de madurez de los frutos. La mayoría de los descriptores utilizados son globales, es decir, son notas de olor que se pueden encontrar en diferentes productos de la vida diaria, ejemplo de

esto son los descriptores frutal, plástico y podrido. Los descriptores de papaya madura y papaya verde son imprecisos a pesar de que se refieren al fruto de papaya.

6.1.4.2. Selección de compuestos volátiles presentes en el olor de la papaya

Se seleccionaron siete compuestos volátiles que están presentes el perfil aromático de papaya (Pino, 2014) como referencias para todo el proyecto (**Tabla 18),** cuatro de ellos fueron compuestos que se utilizaron durante las pruebas de umbrales olfativos.

Tabla 18 Compuestos volátiles presentes en frutos de papaya seleccionados para el entrenamiento de los jueces.

Compuesto Volátil	Concentración (ppm)
Bencil isotiocianato	0.8
Butanoato de metilo	40
Butanoato de etilo	40
Acetato de isoamilo	3
4-hexen-3-ona	20
mercapto-3-metil-1-butanol	0.5
Ácido butírico	800

6.1.4.3. Identificación y cuantificación del olor de cada compuesto volátil (ISO: 11035 1994)

Los jueces utilizaron un vocabulario de 52 descriptores para identificar el olor de cada uno de los siete compuestos volátiles **Tabla 19.** La gran diversidad en el vocabulario se debe a que cada una de las notas de olor generada por cada compuesto es diferente y única para cada juez, dadas las experiencias y recuerdos personales de cada uno; aun así, esta variabilidad es necesaria para conocer como los nombran y a qué se refieren, para posteriormente reducir el número de descriptores seleccionando únicamente aquellos que sirvan de referencia para todo el grupo de jueces.

Los humanos son necesarios como un instrumento de medición debido a su capacidad única de distinguir olores y verbalizar el olor en forma de descriptores, hasta el momento no existe ningún equipo de laboratorio o método de análisis químico que pueda realizar este procedimiento (Philip y Marriot, 2015).

Tabla 19 Vocabulario generado por los jueces para describir el olor de los 7 compuestos volátiles

Vocabulario			
Aceite quemado	Cebolla	Fermentado	Herbal
Acetona	Cereza	Fresa	Hierba
Acrílico	Chicle	Fruta madura	Hierbas para guisos
Aguarrás	Cítrico	Frutal	Lácteos
Ajo	Cuero	Frutas	Mantequilla
Barniz	Durazno	Grasa	Metálico
Cáscara de papaya	Especies	Guamúchil	Nanche
Paleta coronado	Papaya	Papaya madura	Papaya podrida
Papaya verde	Pasto	Pegamento	Pies
Piña	Plástico	Plátano	Queso añejo
Refresco peñafiel	Requesón	Resina	Ruda
Semillas de papaya	Solvente	Sudor	Uva
Vinagre	Vómito	Zugus	Vainilla

Reducción de Descriptores

Durante el consenso se redujo el vocabulario a 23 descriptores (**Tabla 20**).

Tabla 20 Vocabulario generado después del consenso

Compuesto volátil	Descriptores
Acetato de isoamilo	Chicle de plátano
4-hexen-3-ona	Barniz de uñas, ajo, acetona
Bencil isotiocianato	Papaya verde, látex
Butanoato de etilo	Uva artificial (zugus), jugo de uva (zuba),cereza artificial (refresco peñafiel), Fresa (crema para labios), piña (gelatina en polvo, tutifruti (frutsi), paleta de cajeta coronado
3-mercapto-3-metil butanol	Ruda, cebolla, sudor
Butanoato de metilo	Papaya muy madura, pelota de plástico, mantequilla, uva
Ácido Butírico	Nanche, queso añejo, fermentado, papaya madura

Se eliminaron sinónimos y términos que no sirvieron a todos los jueces como referencia para describir el olor de cada compuesto volátil.Los compuestos más fáciles de identificar fueron el acetato de isoamilo que todos los jueces lo identificaron por la nota de chicle de plátano y el bencil isotiocianato por las nota de papaya verde o látex. Los compuestos como el 3-mercapto-3-metil-1-butan-ol, 4-hexen-3-ona, ácido butírico, butanoato de metilo y butanoato de etilo tuvieron más de 2 descriptores, por lo que fue necesario reducir el número de descriptores para facilitar el entendimiento entre jueces y la descripción del olor de los frutos.

6.1.4.4. Generación del léxico de olor

Un léxico es un vocabulario estandarizado que facilita la comunicación entre diversas audiencias, describe objetivamente las propiedades sensoriales de productos de consumo y puede ser usado por varios grupos diferentes de jueces para la descripción de productos. La necesidad de un léxico surgió de la industria, al tener la necesidad de comunicarse claramente con sus diferentes consumidores por ejemplo, al tener productos en múltiples lugares, querer modificar ingredientes, conocer las características de algún alimento, perfume, producto, etc. Por lo anterior un léxico establece un vocabulario capaz de conectar y comunicar a todas las entidades y permite a los productores e investigadores entender y estudiar el desarrollo, mantenimiento, control de calidad y vida de anaquel de un producto (Lawless *et al.*, 2013).

En las evaluaciones anteriores se logró que los compuestos volátiles, sus descriptores y su potencia odoractiva fueran recordados por el juez al momento de llevar a cabo las evaluaciones, con el fin de lograr la familiarización y la estandarización de:

compuesto volátil→ olor (nota generada)→ descriptor

Al parecer, en la fase de entrenamiento, al generar nombres de lo que se percibe, reflexionar y acordar adjetivos representativos del olor para la mayoría de los compuestos volátiles, los jueces comenzaron a desarrollar la habilidad de verbalizar los estímulos percibidos y a lo largo de la descripción de las papayas se generaron nuevos descriptores, que permitieron a los jueces identificar otras notas importantes en el olor de frutos de papaya. Es necesario mencionar que para desarrollar el léxico se utilizaron productos como referencia para que los jueces lograran ser más objetivos y unificaran los criterios de definiciones para los descriptores.

En las pruebas de identificación y asociación se generó un léxico final para la descripción del olor de frutos de papaya que involucra compuestos volátiles clave de su perfil aromático **Tabla 21**.

Tabla 21 Léxico final de olor desarrollado por los jueces sensoriales

Compuesto volátil	Descriptor
Bencil isotiocianato	Papaya verde
Ácido butírico	Fermentado/queso añejo
Butanoato de Etilo	Piña/ uva
4-hexen-3-ona	Barniz de uñas
Acetato de isoamilo	Chicle de plátano
Butanoato de metilo	Papaya madura
3-mercapto-3-metil-1-butanol	Cebolla/ruda

En este trabajo se detallan los pasos que se siguieron para el desarrollo del léxico de olor, con 22 jueces para generar el léxico, conformado por nueve descriptores, y se utilizó una amplia gama de variedades de papaya en diferentes estados de madurez para validar el uso del léxico desarrollado.

En un estudio realizado en el 2012, solo cuatro jueces generaron un léxico de 20 descriptores para comparar el sabor y textura de nueve variedades de mango en cuatro diferentes estados de madurez (Suwonsichon *et al.,* 2012). En otro trabajo realizado en el 2015, participaron solamente nueve jueces entrenados para generar un léxico de 30 descriptores que describieran el olor, sabor y textura de variedades de pomelo (*Citrus máxima*), y en una sesión generaron el léxico que utilizaron para comparar nueve variedades en diferentes estados de madurez (Rosales *et al.,* 2015), ambos trabajos no explican los pasos que siguieron para generar el léxico, tampoco las referencias utilizadas así como su presencia o no, en el perfil odoractivo del producto evaluado.

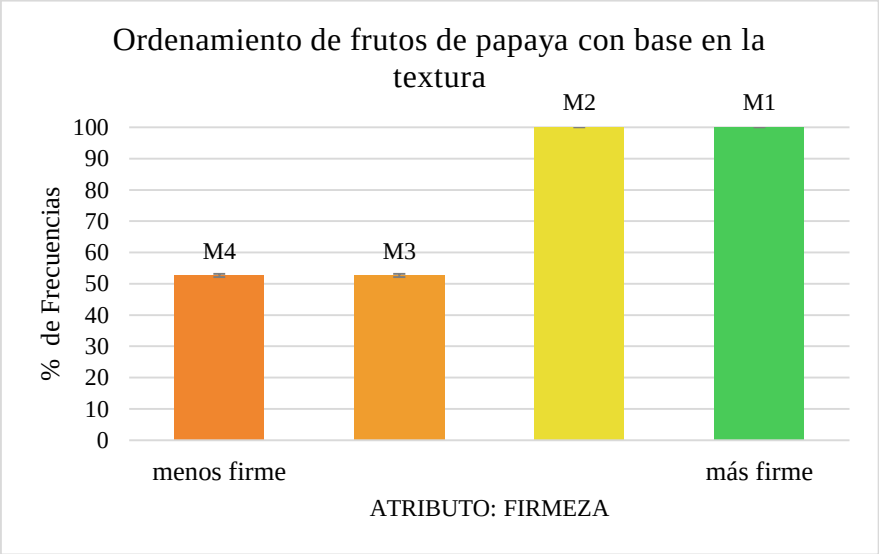
Gómez y colaboradores en el 2002, realizaron un análisis descriptivo cuantitativo (QDA®) para caracterizar y obtener una terminología que definiera el olor de frutos de papaya en tres estados de madurez: fisiológico, comercial y de consumo. Generaron solamente 2 descriptores de olor (papaya madura y papaya verde) para los tres diferentes estados de madurez, por lo

que no permitieron conocer la evolución del olor de los frutos durante sus diferentes estados de madurez y tampoco identificar notas características de los frutos en cada estado de madurez.

Actualmente no existen reportes sobre el desarrollo de un léxico de olor para describir objetivamente frutos de papaya en diferentes estados de madurez y además que sea funcional para diferentes variedades de papaya como se muestra en este trabajo.

6.1.4.5. Familiarización del juez con la textura de frutos de papaya

En las pruebas de ordenamiento, se observó que para los jueces fue más fácil identificar los frutos en madurez fisiológica (M1) y madurez de consumo (M4) con base en la textura, pero para los frutos con una madurez intermedia fue difícil ordenarlos correctamente porque las diferencias en la firmeza evaluada en mano fueron mínimas, generando confusión de los jueces, esto debido a que aún no estaban relacionados con la evolución de la textura en los frutos de acuerdo al estado de madurez (**Gráfica 3**). Al describir la textura de los frutos únicamente hicieron referencia al atributo de firmeza con magnitudes o con sinónimos (muy firme, poco firme, aguada, suave etc.).



Gráfica 3 Ordenamiento de la madurez de los frutos con base en la textura

6.1.4.6. Generación de descriptores de textura

- Variedades Royal y Sensación

Los jueces utilizaron un vocabulario de 17 descriptores para describir y comparar la textura de los frutos de dos variedades diferentes (**Tabla 22**).

Tabla 22 Primeros descriptores de textura generados por los Jueces al evaluar las Variedades Royal y Sensación

Descriptores		
Blando	Firme	Gomoso
Suave	Rígido	Pegajoso
Aguado	Sólido	Con pelitos
Se desbarata en la boca	Dura	Fibroso
Resistente a la mordida	Consistente	Grumoso
Maciza	Baboso	

El vocabulario permitió conocer de manera indirecta las características físicas que las personas usan al elegir frutos y se utilizaron como referencia para seleccionar las características de textura más importantes para los consumidores de papaya.

6.1.4.7. Generación del léxico para evaluar textura

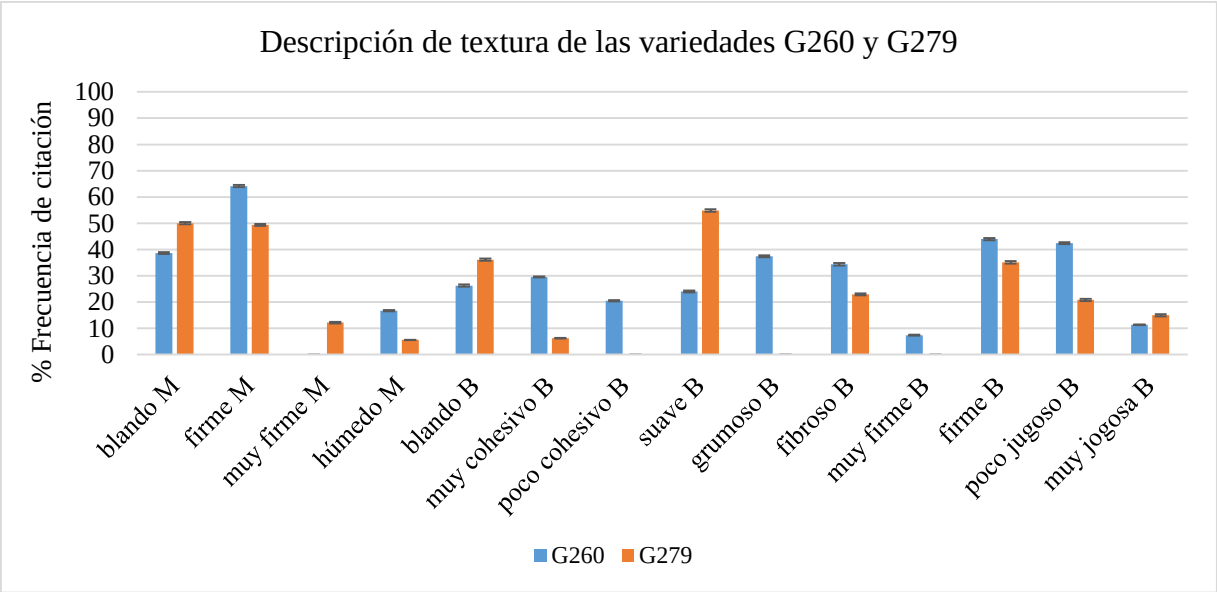
Después del consenso que se realizó para situar a los jueces en la gran gama de características de textura que existen, los jueces identificaron cinco características importantes para describir la textura de los frutos de papaya en diferentes estados de madurez **Tabla 23**.

Tabla 23 Características elegidas para describir la textura de frutos de papaya

Característica de textura	Escala	Referencias utilizadas
Grado de deformación	Blando	Bombón
	firme	Aceitunas
	duro	Caramelo
Resistencia a la masticación	Tierno	Chicharos
	Masticable	Chicle
	Correoso	Carne
Capacidad de adhesión	Pegajoso	Bombón
	Adherente	Chicloso
	muy pegajoso	Avena
	Fibroso	Apio
Forma de las partículas	Globular	Naranja
	cristalizado	Azúcar
	Seco	Galletas
Nivel de hidratación	Húmedo	Papa cocida
	muy húmedo	Manzana
	acuoso	Sandia
	jugoso	Naranja

- Variedades G260 y G279

Se utilizaron 5 características para describir la textura de los frutos. Los jueces mostraron capacidad de describir la textura e identificar magnitudes en los atributos, al usar descriptores como blando, suave, firme y muy firme, que hacen referencia al mismo atributo pero en diferente magnitud (**Gráfica 4**). Los jueces evaluaron la textura en mano y boca para observar la diferencia que existe en la percepción. Además se observó que los atributos de textura principalmente cohesividad, firmeza, jugosidad y consistencia se describen mejor en boca que en mano, esto debido a que la boca a diferencia de la mano, presenta una mayor cantidad de mecanoreceptores lo que la hace más sensible.



Gráfica 4 Descripción de textura para frutos de papaya variedad G260 y G279 (M: evaluado en mano, B: evaluado en boca)

Posteriormente durante el segundo consenso, se les explicó a los jueces como evaluar la textura en mano, boca y el significado físico de cada característica de acuerdo a la norma ISO 5492:2008, se logró estandarizar el método para la evaluación de diversas características de textura en frutos de papaya, generando un léxico final de textura (**Tabla 24**), el cual se utilizó durante todas las pruebas sensoriales de textura para el desarrollo del perfil. Actualmente, no existen reportes de un léxico desarrollado para medir sensorialmente atributos de textura en frutos de papaya, por lo que este léxico puede ser una herramienta potencial para empresas

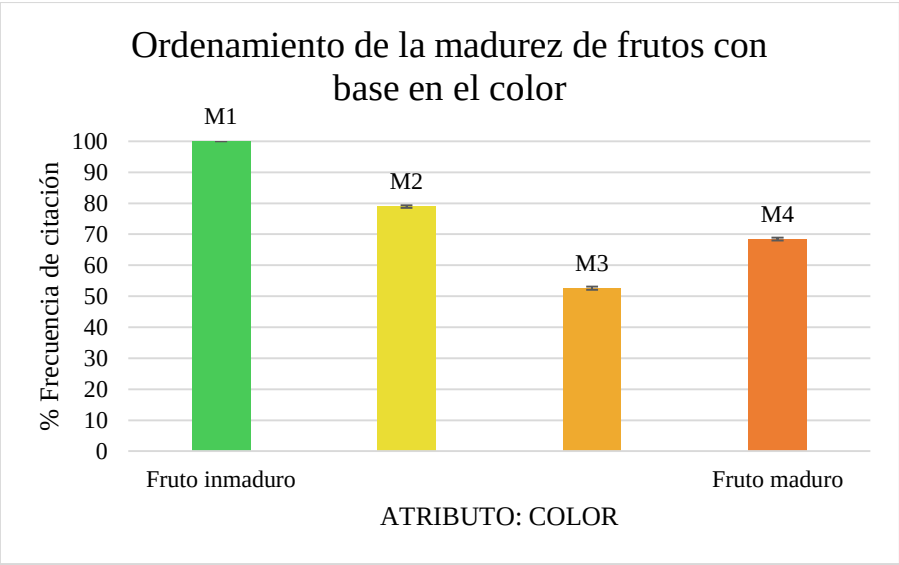
dedicadas a la producción de papaya o para estudios del efecto de diferentes factores sobre la textura.

Tabla 24 Léxico final de textura para frutos de papaya

Atributo Sensorial	Definición del atributo sensorial	Protocolo de evaluación EN BOCA	Protocolo de evaluación EN MANO
Cohesividad	Facilidad con la que se desintegra la pulpa al aplastarla con la lengua y el paladar	Coloca la muestra de papaya entre la lengua y el paladar, ejerce una presión ligera, evalúa la cantidad de pulpa que es desintegrada	------
Firmeza	Fuerza inicial requerida para morder completamente la muestra con los dientes incisivos (de enfrente)	Toma la muestra de papaya tal y como está en el vaso y muérdela con los dientes incisivos, evalúa la resistencia a la mordida	Toma la muestra de papaya con el dedo índice y pulgar presionándola ligeramente
Jugosidad	Cantidad de juego liberado durante la masticación	Coloca la muestra de papaya en la boca, mastica 3 veces y evalúa la intensidad del flujo del jugo	-------
CONSISTENCIA			
Fibroso	Que presenta filamentos la pulpa.	Al masticar la muestra percibe la consistencia de la pulpa con la lengua.	-------
Grumoso	Pequeñas partículas que se sienten en la pulpa, no permite que sea homogénea.		

6.1.4.8. Familiarización del juez con el color de frutos de papaya

En las pruebas de ordenamiento de los frutos en función de su color, se observó que los jueces tienen claro los estados de madurez fisiológica y de consumo, sin embargo, los frutos con una madurez comercial o intermedia, fueron difíciles de clasificar, porque el color de los frutos no era homogéneo, presentando franjas de colores amarillos entre carpelos y porciones verdes en la parte del pedúnculo y pedicelo del fruto. El 100% de los jueces identificó correctamente los frutos en madurez fisiológica y más de la mitad de los jueces logró ordenar correctamente los frutos de acuerdo a su madurez, usando como criterio el color.



Gráfica 5 Ordenamiento de la madurez de frutos con base en el color.

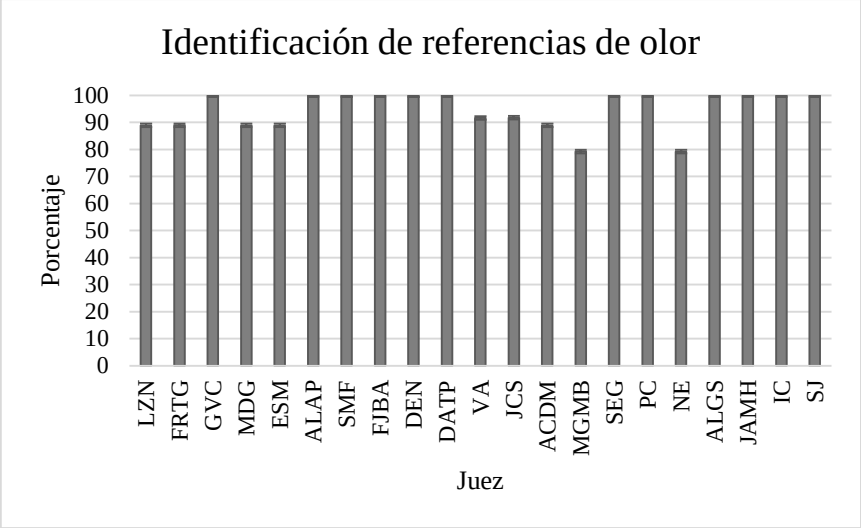
De acuerdo a todos los resultados anteriores, en el color hubo un mayor porcentaje de respuestas correctas, esto debido a que las personas perciben un objeto como alimento por su sistema de percepción visual antes de probarlo y predicen su sabor antes de tomar una decisión acerca de si lo compran o no para comerlo, por lo tanto el color algunas veces es el elemento decisivo como para la selección y evaluación de un alimento (Sun-Man *et al.*, 2013).

6.1.5. Calibración de los jueces

Existen muchos estándares y publicaciones (ASTM, 1981; ASTM 2003; Bressan y Behling 1997; International Olive Oil Council 2007; ISO 1993; ISO 2005b; ISO 2006; ISO 2008; Issanchou *et al.*, 1995; Lyon, 2002; Muñoz *et al.*, 1992), que describen la metodología para la selección de los jueces y su entrenamiento. Actualmente las referencias para el entrenamiento y el monitoreo de los jueces así como métodos en la evaluación de productos específicos son muy escasos, por lo que en cada laboratorio se llevan a cabo procedimientos internos para la evaluación de los productos de interés.

6.1.5.1. Identificación de las referencias de olor

En esta fase participaron 22 jueces de los cuales 14 jueces lograron identificar las 6 referencias de olor durante las 3 sesiones, demostrando su capacidad de identificación y repetibilidad. Los jueces que identificaron más del 90% de las referencias se eligieron como instrumento de medición para las pruebas siguientes (**Gráfica 6**).



Gráfica 6 Porcentaje de identificación de las notas de olor de los compuestos volátiles

6.1.5.2. Habilidad de discriminación

- <u>Identificación de notas de olor semejantes</u>

En las pruebas Dúo-Trío que se realizaron para diferenciar las notas de olor del ácido butírico, butanoato de metilo y el butanoato de etilo se observó lo siguiente:

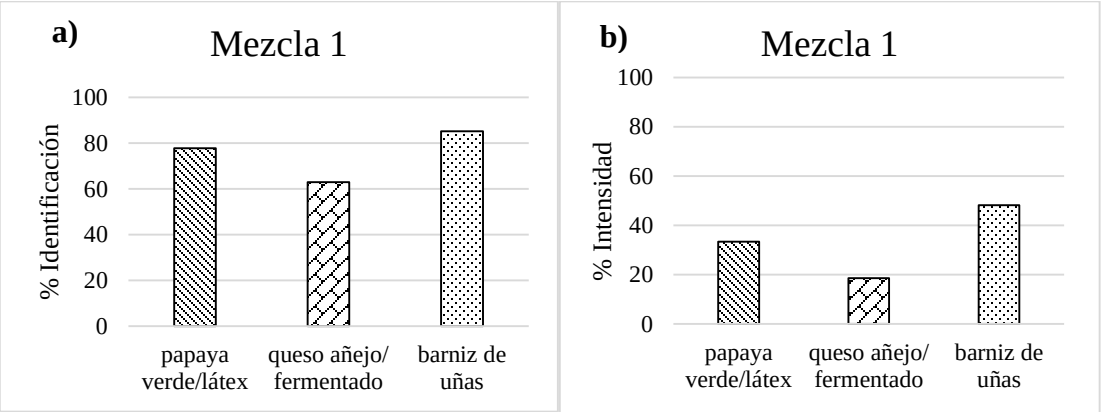
En las pruebas para diferenciar el ácido butírico del butanoato de metilo, de 20 jueces que participaron, 19 lograron diferenciar las nota de olor de las muestras problema y encontrar la similar a R (butanoato de metilo). De acuerdo a la norma ISO 10399:2004 con un α de 0.05 se requieren 15 respuestas correctas para concluir que existen diferencias perceptibles, por lo tanto 19 respuestas correctas son suficientes para concluir que las notas de olor de los 2 compuestos volátiles se percibieron diferentes (los valores de la tabla presentada por la norma se basan en la distribución binomial).

Posteriormente en las pruebas Dúo-Trío para diferenciar el butanoato de metilo y butanoato de etilo, realizadas por 21 jueces, se observó que 9 jueces lograron diferenciar las notas de las muestras problema y encontrar la similar a R (butanoato de metilo). De acuerdo a la norma ISO 10399:2004 con un α de 0.05 requiere 15 respuestas correctas para concluir que existen diferencias perceptibles, por lo tanto 9 respuestas correctas no fueron suficientes para concluir que las notas de olor de los dos compuestos volátiles se percibieron diferentes.

Se decidió eliminar el butanoato de etilo para futuras pruebas para evitar confusión de los jueces con las notas de olor parecidas, porque pueden provocar confusión o imprecisión en los jueces.

- <u>Identificación de notas de olor en sistemas más complejos</u>

En la Mezcla 1 el 84% de los jueces identificó la nota de barniz de uñas generada por 4-hexen-3-ona, el 79% de los jueces logró identificar la nota de papaya verde/ látex (bencil isotiocianato) y el 63% de los jueces identificó la nota de queso añejo/ fermentado (ácido bútirico) en la mezcla (**Gráfica 7a**). Posteriormente al evaluar la intensidad con la que se percibieron los 3 compuestos volátiles en la mezcla; se observó que el 48 % de los jueces percibió con una mayor intensidad la nota de barniz de uñas (4-hexen-3-ona) a una concentración de 40 ppm, después el 33% de los jueces percibió como más intensa la nota de papaya verde/ látex (bencil isotiocianato) a 20 ppm y el 19% percibió como más intensa la nota de queso añejo fermentado a una concentración de 800 ppm (**Gráfica 7b**). Se observó que más de la mitad de los jueces lograron identificar los tres componentes de la mezcla.



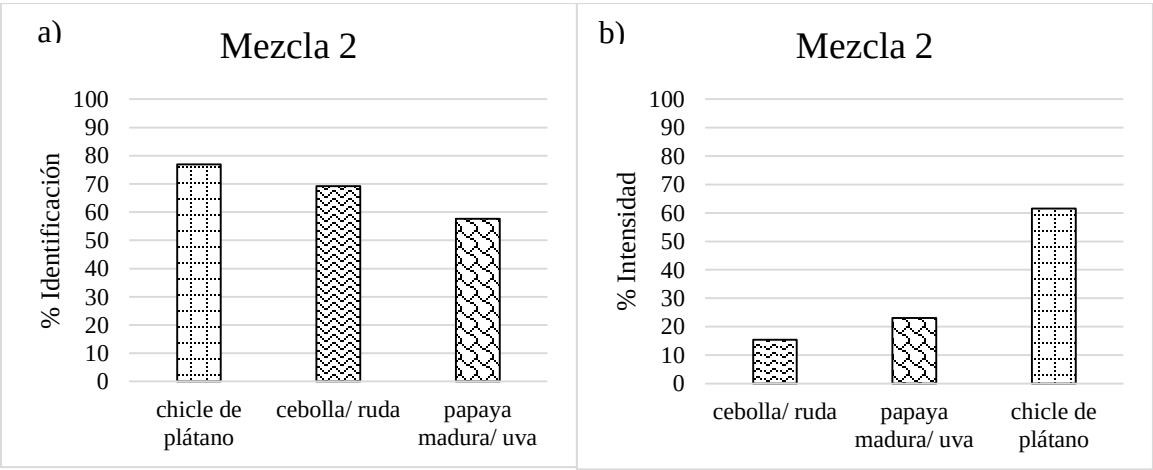
Gráfica 7 Mezcla 1. Identificación e Intensidad de 3 compuestos volátiles

Se observó que la capacidad de los jueces de identificar las notas de cada compuesto volátil en la mezcla fue independiente de la concentración, es decir, la capacidad odoractiva de los compuestos volátiles no se comporta de la misma manera cuando están de forma individual o en conjunto, como ocurre en los frutos. Actualmente se sabe que una mezcla de olores puede dar lugar a tres diferentes tipos de percepciones: elemental (cuando todas las notas de olor de una mezcla son percibidas), configuracional (cuando una nota de olor de la mezcla es claramente más diferente a los otros) y contraposicional (cuando se interponen los olores de la

mezcla y todos son uno) este último es el que ocurre en la mayoría de las personas (Sinding *et al.*, 2014).

Laing en 1991 explicó que los humanos tienen una gran dificultad en identificar olores comunes incluso en mezclas simples. En un estudio con tres, cuatro y cinco componentes en mezcla demostró que solamente algunos componentes son correctamente identificados y la complejidad del olor percibido en una mezcla, parece estar limitada a 3 componentes, reafirmando que los humanos tienen una capacidad limitada de distinguir los componentes de una mezcla.

En la Mezcla 2 el 77% de los jueces identificó la nota de chicle de plátano generada por el acetato de isoamilo, el 70% de los jueces identificó el 3-mercapto-3-metil-1-butanol (nota de cebolla/ ruda) y el 57% de los jueces identificó el butanoato de metilo (nota de papaya madura/ uva) en la mezcla (**Gráfica 8a**). La nota que los jueces percibieron con mayor intensidad en mezcla fue la de chicle de plátano (acetato de isoamilo) con el 61% a una concentración de 3ppm en solución, seguido de la nota de cebolla/ruda (mercapto-3-metil-1-butanol) con el 23% de intensidad a una concentración de 20 ppm en solución y por último la nota de papaya madura/ uva (butanoato de metilo) con el 18% a una concentración de 40 ppm en solución (**Gráfica 8b**). Al parecer el acetato de isoamilo es el compuesto volátil que tiene mayor potencia odoractiva en comparación con los otros compuestos ya que a pesar de haber estado en concentraciones muy bajas en las mezclas, fue el que tuvo un porcentaje de identificación mayor en comparación con los otros dos compuestos.



Gráfica 8 Mezcla 2. Identificación e Intensidad de 3 compuestos volátiles

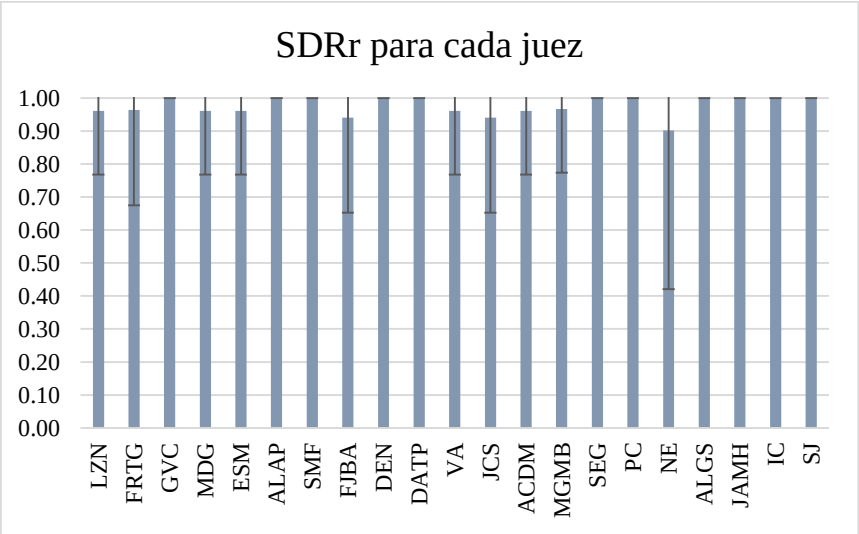
En la mezcla 2 también se observó que los jueces fueron capaces de identificar cada una de las tres notas de olor presentes en la mezcla, por lo que se concluyó que el grupo de jueces presentó la capacidad de discriminar los olores en los dos sistemas complejos simulando como se encuentran los compuestos volátiles en los frutos de papaya.

Jinks y Laing en 1999 explicaron que la discriminación e identificación de los componentes en una mezcla de olor es una tarea difícil para los humanos, siendo tres y cuatro olores el límite, uno de los factores que ellos proponen como limitante es la competición que existe en los sitios de recepción y en las células de la periferia, las cuales pueden alterar el código espacial que es utilizado para identificar las notas odoractivas, por ejemplo, la competición que existe entre dos notas odoractivas, puede ocasionar que una nota de olor no pueda activar las células que normalmente activa. Un buen ejemplo de esto es el olor de la coca-cola que consiste de los componentes de olor cítrico, pimienta y vainilla pero es percibido por la gran mayoría de las personas como un único olor característico (Lawless, 1999).

6.1.5.3. Repetibilidad y Reproducibilidad

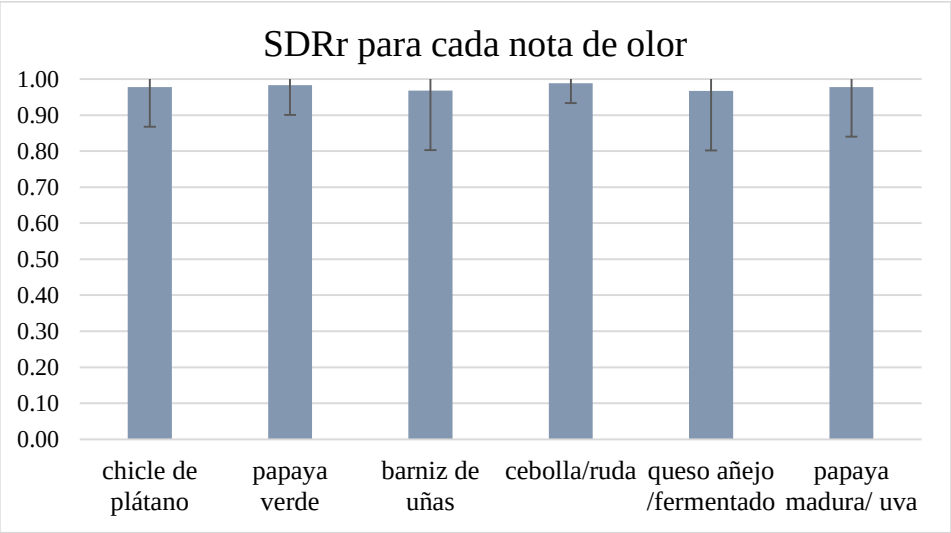
- Notas de olor de las referencias

La **Gráfica 9** representa la repetibilidad que los jueces presentaron para nombrar cada compuesto volátil con el vocabulario establecido durante las tres sesiones.



Gráfica 9 Promedio de la desviación estándar de los jueces en pruebas de repetibilidad

Participaron 21 jueces de los cuales 18 presentaron una SDRr (desviación estándar de repetibilidad) mayor a 0.97 lo que indica que fueron capaces de utilizar el vocabulario e identificar las notas de olor de cada uno de los compuestos volátiles de manera consistente en diferentes sesiones. Se seleccionaron únicamente aquellos jueces con un SDRr muy cercano a 1, quedando 14 jueces repetibles. También se evaluó el promedio de repetibilidad del grupo de jueces para identificar cada una de las notas de olor (**Gráfica 10)**, en donde se observó que todas las SDRr son mayores a 0.95, indicando que el grupo de jueces presentó repetibilidad. Las notas de papaya madura/ uva y barniz de uñas fueron las que presentaron un vocabulario más amplio y aunque fueron difíciles de identificar, sus valores fueron mayores a 0.95.



Gráfica 10 Promedio de la desviación estándar del grupo de jueces para cada nota de olor

- <u>Desempeño en pruebas de intensidad</u>

Los resultados de las pruebas de intensidad de las notas de olor de frutos Maradol realizadas el mismo día por duplicado, se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial (juez, sesión, muestra) para observar el efecto de los factores sesión y muestra en la repetibilidad del juez. Con los resultados obtenidos se observó una variabilidad en los jueces al evaluar la intensidad de los descriptores de olor como barniz de uñas, chicle de plátano, cebolla/ ruda y queso añejo/ fermentado; no hubo un efecto significativo de las sesiones y muestras en la evaluación de la intensidad por parte del juez (**Tabla 25)**. Las sesiones se realizaron el mismo día (mañana y tarde) y se utilizaron frutos Maradol en madurez comercial.

Tabla 25 Análisis de varianza de los valores de intensidad para conocer el desempeño de los jueces.

DESCRIPTOR	JUEZ		SESIÓN		MUESTRA	
	F	valor P	F	valor P	F	valor P
Barniz de uñas	4.28	0.028	2.46	0.143	0.43	0.531
Chicle de plátano	5.06	0.017	0.09	0.768	0.86	0.381
Cebolla/ ruda	5.0	0.018	0.02	0.885	1.90	0.206
Papaya madura/ uva	2.38	0.121	0.60	0.462	0.20	0.665
Papaya verde/ látex	1.26	0.375	0.05	0.826	0.46	0.515
Queso añejo/ fermentado	4.38	0.026	2.99	0.122	0.16	0.700

Los frutos a pesar de tener un color de cáscara diferente, presentaron estados de madurez comercial muy similares, además las evaluaciones se llevaron a cabo el mismo día, por lo que la evolución en su perfil aromático no fue muy marcada. Los resultados anteriores permitieron concluir que el grupo de jueces fue capaz de evaluar de una manera repetible las muestras de papaya durante las sesiones utilizando correctamente la escala.

En la **Tabla 26** se reportan las interacciones de los factores (juez, sesión, muestra) evaluadas en el análisis de varianza, para conocer de manera más específica el comportamiento del juez en las sesiones y con las muestras. Se observó que no hubo un efecto en la repetibilidad del juez de los factores sesión y muestra. El comportamiento del grupo de juez fue repetible en las diferentes sesiones y con diferentes muestras.

Tabla 26 Interacción de 3 factores en pruebas de intensidad de notas de olor

DESCRIPTOR	Juez*Sesión		Juez*Muestra		Muestra*Sesión	
	F	valor P	F	valor P	F	valor P
Barniz de uñas	0.81	0.616	0.62	0.745	0.29	0.604
Chicle de plátano	0.91	0.553	0.67	0.711	2.78	0.134
Cebolla/ ruda	0.47	0.848	2.13	0.153	0.07	0.793
Papaya madura/ uva	1.70	0.235	3.04	0.068	1.81	0.216
Papaya verde/ látex	0.52	0.812	0.89	0.565	0.18	0.681
Queso añejo/ fermentado	0.31	0.939	1.37	0.334	0.29	0.604

El grupo de jueces presentó la habilidad de utilizar la escala semi-estructurada con referencias a los lados siendo repetibles entre sesiones, habilidades que posteriormente, permitieron a los jueces evaluar las magnitudes de cada uno de los atributos en las variedades comerciales.

6.2. Implementación de las metodologías instrumentales para medir algunas de las propiedades físicas y químicas de los frutos de papaya.

6.2.1. Mediciones Fisiológicas

La investigación para una determinación objetiva de la madurez fisiológica o de corte, ha llamado la atención de muchos investigadores, ya que el número de indicadores es escaso y, para la mayoría de los productos vegetales continúa la búsqueda de un índice satisfactorio. El índice de madurez para un producto vegetal implica una medida o medidas que pueden emplearse para identificar un estado de desarrollo en particular. Estos índices son muy importantes para la comercialización en fresco de los productos vegetales por razones del cumplimiento de normas o estándares establecidos, estrategias de mercadeo y eficacia en el empleo de recursos para la labor de la cosecha. Los indicadores que se utilizan para establecer el estado de desarrollo de los productos vegetales son los siguientes grupos: cronológicos, físicos, químicos y fisiológicos.

Las mediciones fisiológicas hacen referencia a los parámetros de calidad externa. Son aquellas que sirven para caracterizar el tamaño y la forma del fruto (peso, longitud, espesor del mesocarpo, curvatura del fruto diámetros ecuatoriales y axiales), estos parámetros conforman y caracterizan la geometría del fruto (Cajamar, 2014).

- Ancho y largo total del fruto

En la **Tabla 27** se reportan los promedios de las medidas del ancho y largo del fruto cortado a la mitad verticalmente. El muestreo fue diferente para cada variedad debido a la disponibilidad y madurez de los frutos. Actualmente se sabe que la forma que adquiere un fruto de papaya se debe a su flor de procedencia. Se conocen 3 tipos de frutos de papaya:

Frutos alargados: Provienen de flores hermafroditas elongatas o perfectas, el pedúnculo (parte inferior) y el pedicelo (parte superior) del fruto presentan el mismo diámetro, el fruto es de forma alargada y con un máximo porcentaje de pulpa, son frutos consistentes al madurar y un ovario muy reducido, estos frutos constituyen el éxito económico en el ámbito comercial.

Frutos ovoides: Provienen de flores pistiladas (femenina), son de forma redonda y poseen un mesocarpo muy delgado, generalmente no presentan semillas y no son agradables para el productor y consumidor (Arias-Velázquez, 2000).

Fruto semi-ovoide: Provienen de flores hermafroditas de tipo pentadría, su pedúnculo posee un diámetro perfecto, los frutos son cortos, presenta mayor cantidad de mesocarpo en comparación con el fruto ovoide, y carpelos bien definidos (Velázquez-Beltrán 1983).

Tabla 27 Mediciones fisiológicas del ancho y largo de frutos de 25 variedades de papaya

Variedad	**Muestreo 1**		**Muestreo 2**		**Muestreo 3**		**Muestreo 4**	
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
A1	12.0	22.0	11.9	21.8	10.5	20.2	--	--
A2	9.3	19.3	8.8	19.1	--	--	--	--
A3	10.0	21.0	9.9	21.6	9.0	22.5	7.8	24.0
A4	10.1	20.3	8.9	19.6	10.5	22.5	11.8	21.5
A5	14.5	14.5	11.9	13.6	--	--	--	--
A6	9.7	25.0	9.3	23.4	8.5	24.0	--	--
A7	10.5	22.0	9.4	24.1	9.8	26.0	--	--
A8	13.0	26.0	11.0	24.5	--	--	--	--
A9	11.0	26.0	11.1	25.0	10.2	23.4	--	--
A10	8.2	23.5	9.4	21.6	8.0	20.5	7.5	21.0
A11	12.0	23.0	11.3	23.2	10.2	21.2	11.4	24.4
A12	9.8	22.7	11.2	25.3	10.3	21.3	10.9	24.3
A13	10.3	21.4	11.5	22.5	10.4	16.4	10.8	23.0
A14	10.5	23.3	11.0	25.4	11.2	23.9	11.1	20.1
A15	11.0	22.2	10.9	22.9	11.1	22.6	11.7	22.8
A16	9.8	18.2	11.8	23.2	12.2	25.5	12.0	24
A17	9.3	20.8	10.8	22.4	11.2	24.1	11.4	22.3
A18	10.7	20.6	12.5	24.4	11.4	23.3	11.3	21.5
A19	9.2	20.1	10.2	21.8	9.8	21	11.4	22.3
A20	8.0	18.3	8.0	19.6	8.7	20.3	10.4	22.3
G260	14	28.8	13.1	25.0	13.8	27.7	--	--
G279	9.9	19.8	9.5	19.4	9.6	18.9	10.3	17.3
Royal	11.9	17.3	12.4	20.3	9.8	26.2	12.9	20.0
Sensación	11.1	22.5	11.9	22.9	11.8	24.3	11.5	22.9
Maradol	11.6	19.1	12.4	18.5	12.1	17.6	13.4	17.1

Los valores del diámetro ecuatorial (ancho total) evaluados en las 25 variedades van desde los 9 cm hasta los 13.5 cm. Las variedades con diámetros ecuatoriales grandes fueron la G260 y la A5, mientras que la variedad A10 y A20 fueron de las más pequeñas. La variedad Maradol fue de las menos largas con un promedio de 18 cm de largo al igual que otras variedades como la G279 y Royal. En otros trabajos realizados en Venezuela reportaron frutos silvestres de variedad Maradol con un largo total desde 15.5 cm hasta los 25.1 cm (Belandria *et al.*, 2010), mientras que en México las variedades Maradol reportaron valores inferiores (Alcántara *et al.*,

2010). Se ha reportado que los frutos para comercio presentan un ancho total de 7 a 15 cm y con un largo de 10 a 25 cm. Trabajos realizadas en papayas *Carica sp*. en 5 localidades de Costa Rica, reportaron diámetros ecuatoriales entre 5 y 9 cm (Cuba-MINAG, 2003).

- Cavidad del Ovario

Al evaluar las dimensiones del ovario de las 25 variedades, se observó que predominó la forma circular del ovario, en lugar de la estrellada, esto es importante porque en los mercados la cavidad circular facilita la extracción de las semillas. La forma estrellada del ovario predominó en la variedad Maradol y en la (G279 o G260). En la **Tabla 28** se reportan las dimensiones de ancho y largo del ovario de las 25 variedades de papaya, se observó que las variedades con una cavidad ovárica grande fueron A4, A5 y G260.

Tabla 28 Dimensiones de la cavidad ovárica de 25 variedades

Variedad	**Muestreo 1**		**Muestreo 2**		**Muestreo 3**		**Muestreo 4**	
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
A1	2.5	11.5	4.9	14.9	4.7	15.5	--	--
A2	3.7	12.5	4.3	13.4	--	--	--	--
A3	4.6	14.5	4.6	16.6	3.7	15.5	3.5	12.5
A4	4.5	13.5	4.2	14.5	5.0	17.5	16.5	16.0
A5	9.9	13.5	6.8	18.2	--	--	--	--
A6	4.1	17.5	4.1	17.6	3.5	16.3	--	--
A7	4.9	13.4	3.2	15.9	5.5	16.5	--	--
A8	7.0	19.5	4.2	17.7	--	--	--	--
A9	4.7	17.7	4.9	17.3	5.5	16.3	--	--
A10	3.0	16.5	3.8	14.1	3.5	16.2	3.3	13.5
A11	4.9	12.7	3.2	14.3	3.7	15.8	4.4	15.5
A12	3.1	11.7	4.5	16.4	2.3	13.1	3.3	16.7
A13	4.1	15.0	5.5	16.2	4.5	8.2	4.2	15.1
A14	2.7	12.3	2.2	16.1	4.1	17.3	5.4	14.6
A15	2.7	13.6	2.6	14.7	3.3	15.4	2.1	14.3
A16	3.4	12.4	4.2	15.5	6.5	19	5.5	16.0
A17	2.8	11.3	2.7	15.6	5.1	17.4	4.5	16.9
A18	3.5	14.4	3.1	18.4	4.7	17.0	5.4	15.8
A19	3.2	9.5	3.0	14.8	4.8	15.4	3.2	17.0
A20	2.3	12.5	2.7	12.2	3.6	13.3	4.5	14.9
G260	6.2	17.4	5.7	15.7	7.0	18.8	--	--
G279	4.7	12.8	4.5	15.5	4.5	13.5	5.8	12.6
Royal	6.3	13.2	5.5	12.2	4.3	9.0	6.2	11.7
Sensación	4.2	14.3	5.3	14.8	6.1	16.6	5.7	14.9
Maradol	4.5	11.5	4.3	11.2	4.6	11.3	4.8	11.1

- Dimensiones Mesocarpo

Para el análisis del grosor del mesocarpo de frutos de papaya, se determinaron los valores del ancho de la pulpa de los frutos cortados a la mitad y se hicieron mediciones de la parte inferior, superior derecha e izquierda, el promedio de las mediciones se presenta en la **Tabla 29** como grosor (cm). La variedad con el mesocarpo más delgado fue G279 con un promedio de 2.6 cm, las variedades con el mesocarpo más grueso fueron las variedades A11, A12, A14 y A15. Los promedios de grosor de las 25 variedades se encuentran entre 2.5 y 4.3, los cuales coinciden por los reportados por Mirafuentes en 1997 para variedad Maradol Roja. Es conocido, a nivel internacional, que la preferencia de los consumidores es por frutos de forma alargada, con menor cavidad ovárica y mayor espesor de pulpa.

Tabla 29 Grosor del mesocarpo de frutos de 25 variedades

Variedad	Muestreo 1 grosor (cm)	Muestreo 2 grosor (cm)	Muestreo 3 grosor (cm)	Muestreo 4 grosor (cm)
A1	4.4	3.9	2.9	--
A2	3.1	2.5	--	--
A3	2.8	2.9	2.7	3.5
A4	3.2	2.6	2.5	2.6
A5	2.7	3.4	--	--
A6	3.2	3.0	3.1	--
A7	3.6	3.8	3.7	--
A8	3.5	3.3	--	--
A9	3.7	3.7	3.0	--
A10	3.2	3.5	2.2	3.4
A11	4.4	3.9	3.8	4.0
A12	4.5	4.2	4.3	4.1
A13	3.0	3.2	3.2	3.6
A14	5.2	4.4	4.4	2.9
A15	4.6	4.2	3.9	4.2
A16	2.8	3.8	3.2	3.3
A17	4.2	3.9	3.4	3.7
A18	3.3	3.9	3.2	3.0
A19	3.7	3.3	3.0	3.7
A20	2.9	3.1	2.9	2.9
G260	4.2	3.3	3.1	--
G279	3.0	2.3	2.6	2.3
Royal	2.4	3.9	3.3	4.0
Sensación	3.6	3.7	3.4	3.5
Maradol	3.6	3.8	3.5	3.7

En las tablas anteriores se reportaron las medidas de los frutos de 25 variedades, se observó una alta variabilidad en forma y tamaño de los frutos, lo cual puede ser debido a que la polinización de las plantas es abierta o la reproducción es por semilla, sin embargo son datos que se desconocen en este trabajo. Se debe considerar que el tamaño del fruto depende de las exigencias del mercado consumidor.

6.2.2. Mediciones Fisicoquímicas

En los resultados de las mediciones fisicoquímicas se presentan los valores obtenidos únicamente para para la variedad Maradol, debido a que es la variedad de referencia por ser la más comercial y fue la variedad que se utilizó para desarrollar el perfil sensorial. Los resultados de las demás variedades se presentan en **ANEXOS**.

Para la variedad Maradol se establecieron 4 diferentes muestreos:

- frutos muestreo 1: color de la cascara amarilla (1/3 verde)
- frutos muestreo 2: color de la cáscara naranja (2/3 amarilla)
- frutos muestreo 3: color de la cáscara naranja
- frutos muestreo 4: completamente naranjas.

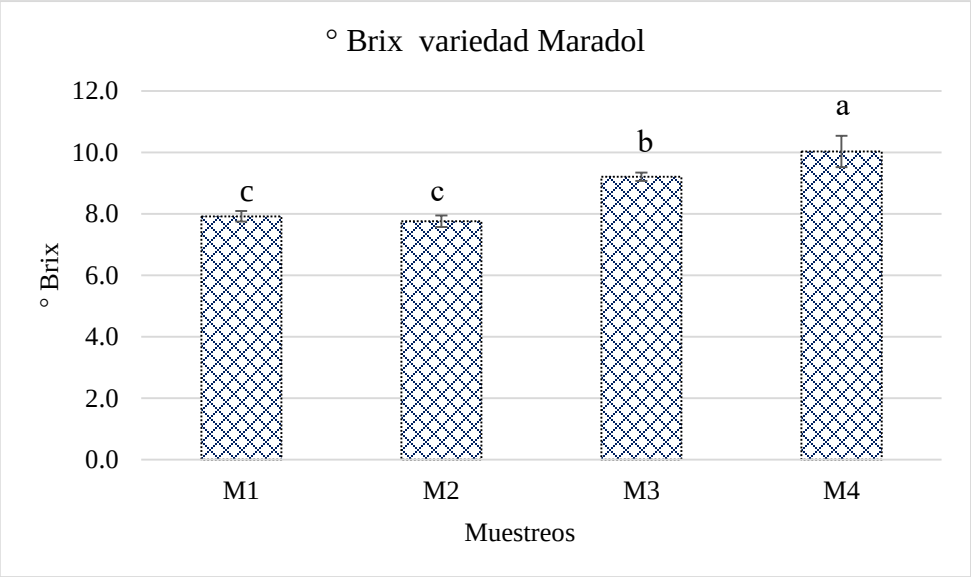
En la **Tabla 30** se reportan los resultados fisicoquímicos de la variedad Maradol en cada uno de los muestreos. Los resultados se discuten más adelante.

Tabla 30 Resultados fisicoquímicos de variedad Maradol. Promedios y desviación estándar (n=9). Prueba de medias (LSD Fisher) (letras diferentes en filas son estadísticamente diferentes).

	Muestreo 1	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**	**Muestreo 4**
°Brix	7.9^{a} ±0.17	7.8^{a} ±0.19	9.2^{b} ±0.14	10.0^{c} ±0.51
% ácido cítrico	0.036^{a} ±0.006	0.040^{b} ±0.006	0.038^{ab} ±0.002	0.043^{c} ±0.002
% ácido málico	0.037^{a} ±0.006	0.042^{bc} ±0.006	0.040^{ab} ±0.002	0.045^{bc} ±0.002
pH	5.39^{a} ±0.04	5.41^{a} ±0.05	5.39^{a} ± 0.06	5.37^{a} ±0.05
a_W	0.9875^{a} ± 0.00	0.9868^{b} ±0.001	0.9859^{c} ±0.00	0.9840^{d} ±0.00
% humedad	87.88 ±0.004	88.16 ±0.19	88.5 ±0.04	89.06 ±0.37

6.2.2.1. Sólidos solubles totales

En la **Gráfica 11** se reporta el contenido de sólidos solubles totales en los frutos de papaya Maradol (n=9), ANOVA $p<0.05$. Se hizo un análisis de medias Fisher LSD 95% de confianza. Se observaron diferencias significativas en los muestreos 3 y 4, con respecto a los frutos de muestreo 1 y 2 en el contenido de °Brix. En estudios recientes se ha observado que la glucosa, en las primeras etapas del desarrollo del fruto de papaya es el azúcar soluble que prevalece en los frutos, pero cuando se da un cambio en el color de la cáscara y la pulpa y empieza la degradación de la clorofila, la sacarosa es el azúcar predominante. La relación que existe entre el cambio de color en los frutos durante su maduración y el aumento en el contenido de solidos solubles es importante, porque como se sabe la papaya tiene un bajo contenido de almidón por lo que se piensa que la fuente de carbono para la síntesis de sacarosa proviene de la pared celular, que contiene alrededor de 30% celulosa, 30% hemicelulosa, 35% pectinas y 5% proteínas (Gómez *et al.*, 2002), promoviendo el ablandamiento del fruto. El gran cambio en la composición de la pared celular durante la maduración en diversas frutas, se debe a perdidas significantes en el contenido de azúcares neutros, especialmente galactosa y arabinosa.



Gráfica 11 Contenido de °Brix en frutos de papaya Maradol (Pruebas de medias LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas α 0.05).

En estudios realizados en papaya se observó que existe una disminución en los niveles de galactosa y un incremento en los niveles de glucosa, por lo que se piensa que la galactosa

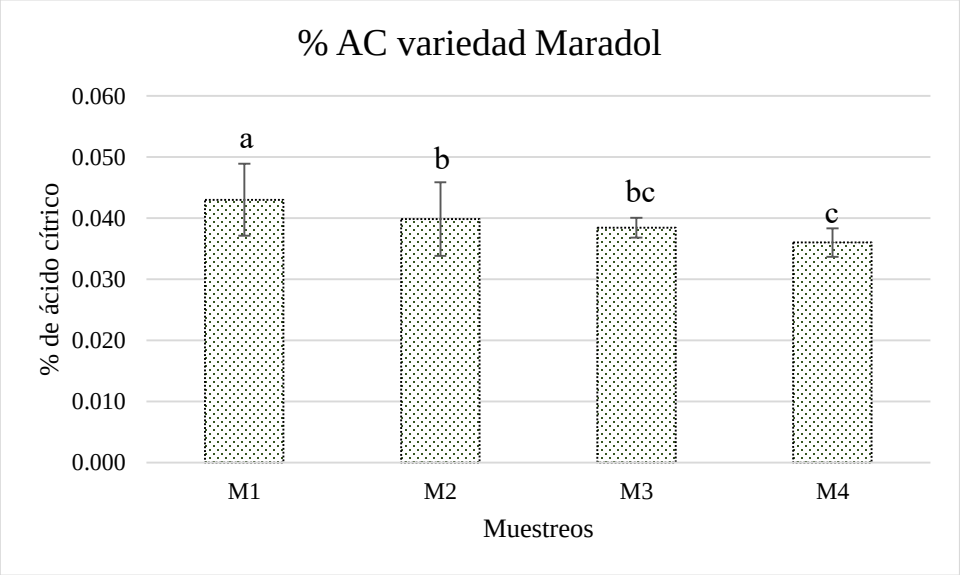
podría ser una fuente de carbono y ayudar cuando existen grandes demandas de sacarosa durante la fase de climaterio (Gómez *et al.,* 2002). Entender la bioquímica y las enzimas claves involucradas en la acumulación de sacarosa en papaya es un prerrequisito para posibles implementaciones genéticas en el dulzor del fruto.

Los resultados del contenido de sólidos solubles (°Bx) de las otras variedades se encuentran en ANEXOS.

6.2.2.2. Acidez Titulable

En otros trabajos se ha reportado que los ácidos orgánicos que más prevalecen en frutos maduros de papaya son el ácido cítrico, seguido del ácido málico, quínico, succínico, tartárico, oxálico y fumárico (Hernández *et al.,* 2009). Kelebek y col en 2015 demostraron que el ácido cítrico, seguido del ácido málico es el ácido orgánico más abundante en frutos de papaya, por lo que en este trabajo la acidez titulable se expresó como el porcentaje de ácido cítrico y ácido málico por cada 100 g de pulpa de papaya.

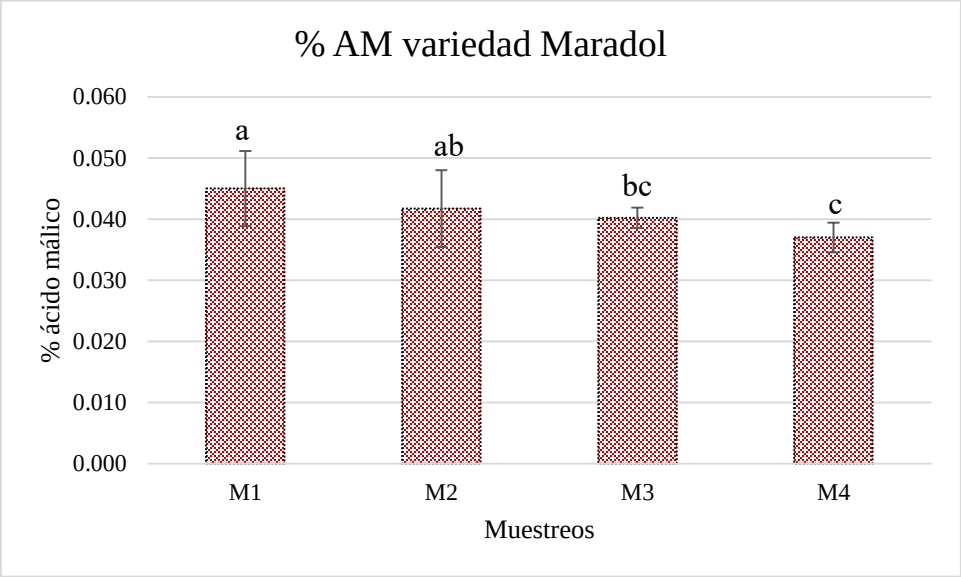
En la **Gráfica 12** se reportan los resultados del porcentaje de ácido cítrico en frutos de papaya Maradol durante su maduración (n=9), ANOVA $p<0.05$. Se hizo un análisis de Fisher LSD 95% de confianza y se observaron disminuciones significativas en el porcentaje de ácido cítrico en función del tiempo, lo cual fue inversamente proporcional a los °Brix.



Gráfica 12 Porcentaje de ácido cítrico presente en frutos Maradol (Pruebas de medias LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas α 0.05)

Estas variaciones pueden deberse a que los ácidos son usados como substrato para la respiración cuando los azúcares han sido consumidos o están participando en la síntesis de compuestos fenólicos, lípidos, compuestos volátiles o metabolitos que contribuyen al gusto dulce en frutos de papaya (Abu-Goukh *et al.,* 2010). Se ha reportado que durante la maduración de frutos de papaya, la acidez titulable incrementa ligeramente en la fase de climaterio para posteriormente disminuir (Selvaraj *et al.,* 1982). El porcentaje de ácido cítrico observado en frutos variedad Maradol es menor comparado con otra variedad como la Pococí, con valores entre 0.08 y 0.15 % de ácido cítrico (Zerpa-Catanho *et al.,* 2017).

La acidez titulable también se expresó en porcentaje de ácido málico (**Gráfica 13**). Los porcentajes de ácido málico son mayores que el ácido cítrico pero no se observaron diferencias significativas entre ambos.

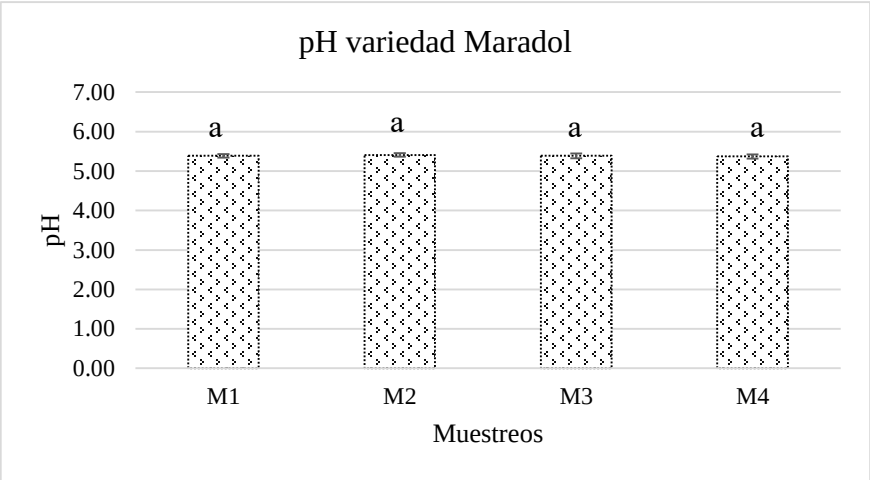


Gráfica 13 Porcentaje de ácido málico presente en frutos Maradol (Pruebas de medias LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas α 0.05)

Los resultados de % de ácido cítrico y málico de las otras variedades se encuentran en ANEXOS.

6.2.2.3. pH

En la **Gráfica 14** se reportan los resultados del pH en frutos de papaya variedad Maradol (n=9), ANOVA $p<0.05$. Se hizo una prueba múltiple de medias LSD (95% de confianza) que demostró que no hay diferencias significativas en el pH de los frutos durante los 4 muestreos.



Gráfica 14 pH en frutos de papaya variedad Maradol (Pruebas de medias LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas α 0.05)

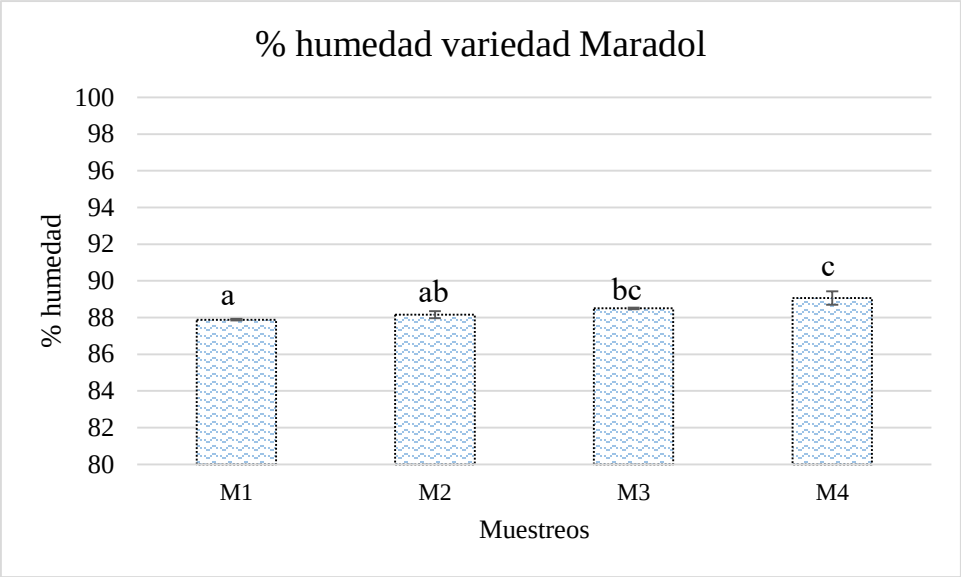
En otros trabajos realizados en diferentes variedades de papaya, se ha observado que en pH no existen cambios significativos durante la maduración post-cosecha de los frutos (Schweiggert *et al.,* 2011). A pesar de que los frutos de papaya son considerados como frutos de baja acidez (<0.03% ácido cítrico), una forma de explicar la relación entre los resultados obtenidos en este trabajo de 3 características fisicoquímicas (pH, acidez titulable y °Bx) es que los ácidos orgánicos establecen un gradiente de protones durante el proceso de respiración que acompaña la maduración, Además la acidificación apoplástica puede contribuir a la degradación de la pared ceular, que puede generar la liberación de más ácidos orgánicos y enzimas, que pueden servir como sustrato para la biosíntesis de compuestos que contribuyen al gusto dulce del fruto (Azevedo *et al.,* 2008).

Los resultados de pH de las otras variedades se encuentran en ANEXOS.

6.2.2.4. % Humedad

En la **Gráfica 15** se reportan los resultados del % de humedad en frutos de papaya variedad Maradol en función al grado de madurez (n=9), ANOVA $p<0.05$. Se hizo un análisis de Fisher LSD 95% de confianza donde se observó que hubo un aumento significativo durante los 4 muestreos. A diferencia de la a_w, el porcentaje de humedad equivale al agua total del fruto, hace referencia a la cantidad de agua total que contiene el fruto sin especificar exactamente que fracción del agua se encuentra unida a otras sustancias. Su relación con la a_w es inversa debido a que durante la maduración ocurre la degradación de polisacáridos de la pared celular,

lo que permite la liberación del agua inmersa en la matriz del alimento, contribuyendo al atributo de jugosidad en los frutos maduros.

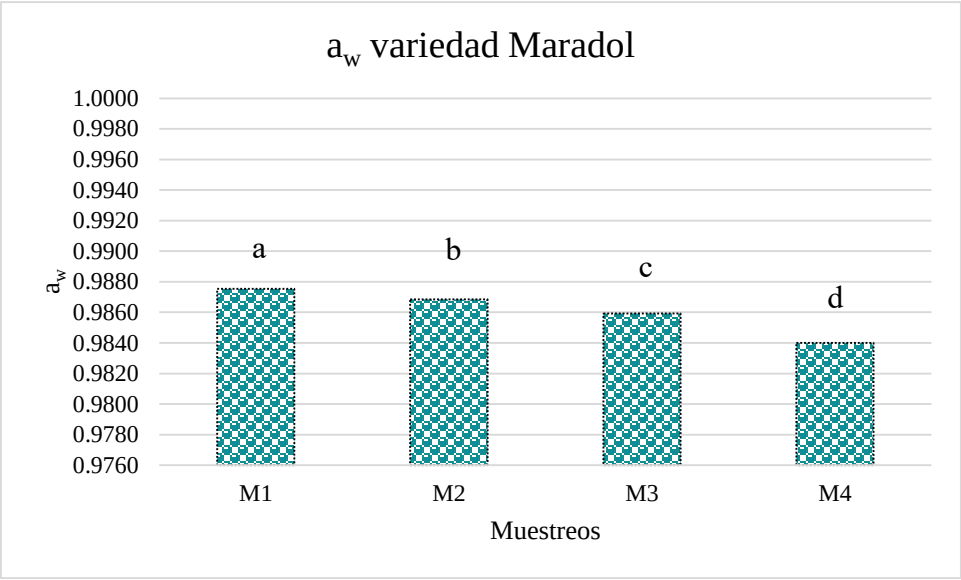


Gráfica 15 Porcentaje de humedad en frutos de papaya

Los resultados de las otras variedades se encuentran en ANEXOS.

6.2.2.5. Actividad de Agua

La actividad de agua (a_w) es la humedad en equilibrio de un alimento, está determinada por la relación entre la presión parcial del vapor de agua del agua pura y la presión vapor del producto; depende de la composición, temperatura y contenido de agua en el fruto. Es un parámetro muy importante ya que tiene incidencia en las características de calidad tales como textura, sabor, color, gusto, valor nutricional del fruto y su tiempo de conservación. En la **Gráfica 16** se reportan los resultados de a_w en frutos de papaya variedad Maradol (n=9), ANOVA $p<0.05$. Se hizo un análisis de Fisher LSD 95% de confianza donde se observó un efecto significativo de la a_w entre los 4 muestreos. La a_w disminuye al aumentar la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos, por lo tanto esta disminución significativa que se observa podría ser debido a que durante la maduración se da la degradación de estructuras complejas como carbohidratos, proteínas de membrana o ácidos orgánicos para satisfacer los niveles de demanda de sustratos durante la respiración del fruto, periodo durante el cual ocurren diversas reacciones bioquímicas, haciendo que el agua disponible en el fruto, esté siendo utilizada en otras reacciones.



Gráfica 16 Actividad de agua en frutos variedad Maradol (Pruebas de medias LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas α 0.05)

La actividad de agua determinada en los frutos de papaya, muestra que los niveles son superiores a 0.980, lo que origina una alta actividad química y bioquímica, ocasionando cambios en la textura, color y concentración de solidos solubles.

6.2.2.6. Compuestos Volátiles

Se identificaron 85 compuestos volátiles por GC-MS en frutos de papaya variedad Maradol en dos estados de madurez (Comercial y Consumo). En la **Tabla 31** se agruparon los compuestos volátiles de acuerdo a la familia química a la que pertenecen, los compuestos con las letras en negritas son aquellos de los cuales han sido identificados como parte del perfil odoractivo de frutos de papaya (Pino 2003; Pino 2014; Fugatte 2010 y Lima Gomes 2016). Los compuestos volátiles que predominaron fueron los ácidos y terpenos, seguidos de alcoholes, aldehídos, ésteres, lactonas, cetonas, alcanos y nitrilos.

Tabla 31 Compuestos volátiles identificados en frutos de papaya Maradol

Compuesto volátil	Familia	Compuesto Volátil	Familia
1-nonadeceno	Terpenos	2-ácido octanóico	Ácidos
1-noneno		2-pentil furano	
1-tetradeceno		3-metil éster ácido furóico	
α-amorfeno		**Ácido acético**	
α –bergamoteno		**Ácido butírico**	
α -citronellal		Ácido capróico	

α -cubebeno		Ácido crotónico	
α -pineno		Ácido dodecanóico	
Aristoleno		Ácido heptanóico	
β-cariofileno		**Ácido hexanóico**	
β-sesquifenaldreno		Ácido mirístico	
δ-caprolactona		Ácido nonanóico	
Cis-óxido de linalol		**Ácido octanóico**	
Copaeno		Ácido oxálico	
Epoxylinalol		Ácido oxalúrico	
Germacreno D		Ácido palmítico	
Gurjuneno		**Ácido propiónico**	
Linalol		Pacido undecanóico	
Óxido de cariofileno		**Ácido valérico**	
Seicheleno		**Metil éster ácido benzoico**	
Zingibereno		Octanal	
		Carbitol	
		Anhídrido isobutírico	
4-metil-acetil butirato	Ésteres	**1-hexanol**	Alcoholes
Bencil isotiocianato		1-octen-3-ol	
Benzoato de etilo		2,3 butanediol	
Caproato de metilo		2-metil-4-octanol	
Geranato de metilo		2-nonadecanol	
Nicotinato de metilo		**4-isopropoxibutanol**	
		5-metil-1-hepten-4-ol	
		1,4-butanediol	
		Etil hexanol	
		p-isopropenil fenol	
2,6,10-trimetil dodecano	Alcano	2,4-Decadienal	Aldehídos
	Alcano	2,6-Dimetil benzaldehído	
2,6,8-trimetil decano	Alcano	3-furaldehído	
Elixeno	Cetona	α-hexil-cinamaldehído	
6-metil-5-hepten-ona	Cetona	**Benzaldehído**	
2-hexanona	Cetona	Cis-ceranylacetona	
Dimetil acetofenona	Nitrilo	Decanal	
1-isociano-2-benceno	Nitrilo	Furfural	
Bencil nitrilo	Nitrilo	Hexanal	
Benzonitrilo	Nitrilo	**Nonanal**	
3-metil-piridazina		isoftalaldehído	
		Nonanal	
		γ-carpolactona	Lactonas
		ε-caprolactona	
		2-furanona	
		2-heptilfurano	

Los frutos de papaya son climatéricos es decir, después de la madurez fisiológica en el árbol, durante su fase de senescencia o madurez de consumo presentan un incremento significativo en la tasa de respiración y por lo tanto un incremento en la producción de una hormona vegetal, el etileno, que participa activando reacciones bioquímicas y enzimáticas que intervienen en la maduración del fruto. Este proceso lleva a la acumulación de metabolitos y sustratos como ácidos grasos y aminoácidos muchos de los cuales serán parte del perfil de compuestos volátiles que están íntimamente relacionados con el olor y el sabor de los frutos. En el transcurso de la maduración se produce un incremento en la permeabilidad de las membranas celulares, generando una pérdida de la integridad de los organelos principalmente los plastidios que contienen una gran cantidad de ácidos grasos los cuales reaccionan con alcoholes para dar lugar a diversos compuestos volátiles. Los volátiles emitidos durante las primeras etapas de maduración de los frutos corresponden a ésteres, aldehídos y alcoholes los cuales varían en estructura y concentración durante la maduración (Fuggate, 2010; Sugimoto, 2008).

Para conocer el impacto del estado de madurez sobre el perfil de compuestos volátiles de la papaya Maradol se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) para cada una de las familias de compuestos volátiles identificadas. Para el análisis se utilizó la abundancia de cada uno de los picos.

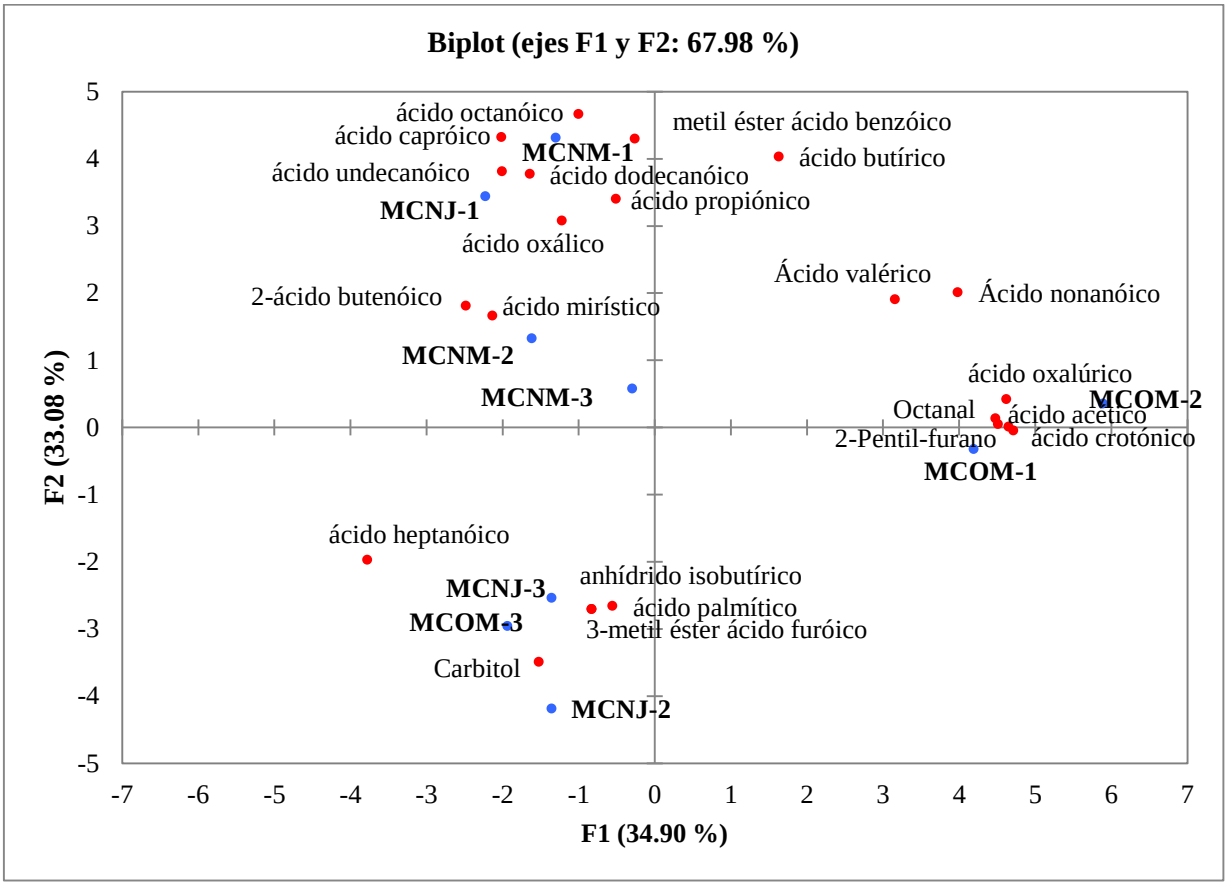
La nomenclatura de las muestras en el ACP fue la siguiente:

MCOM-1: Maradol madurez comercial réplica 1
MCOM-2: Maradol madurez comercial réplica 2
MCOM-3: Maradol madurez comercial réplica 3
MCNJ-1: Maradol madurez de consumo muestreo Junio réplica 1
MCNJ-2: Maradol madurez de consumo muestreo Junio réplica 2
MCNJ-3: Maradol madurez de consumo muestreo Junio réplica 3
MCNM-1: Maradol madurez de consumo muestreo Marzo réplica 1
MCNM-2: Maradol madurez de consumo muestreo Marzo réplica 2
MCNM-3 Maradol madurez de consumo muestreo Marzo réplica 3

*cada réplica corresponde a un fruto diferente, con características de madurez semejantes

- Ácidos en frutos variedad Maradol

En la **Gráfica 17** se muestra la clasificación de las papayas en sus dos estados de madurez en función de los ácidos.



Gráfica 17 ACP de ácidos identificados por CG-MS en frutos de papaya Maradol en diferentes estados de madurez.

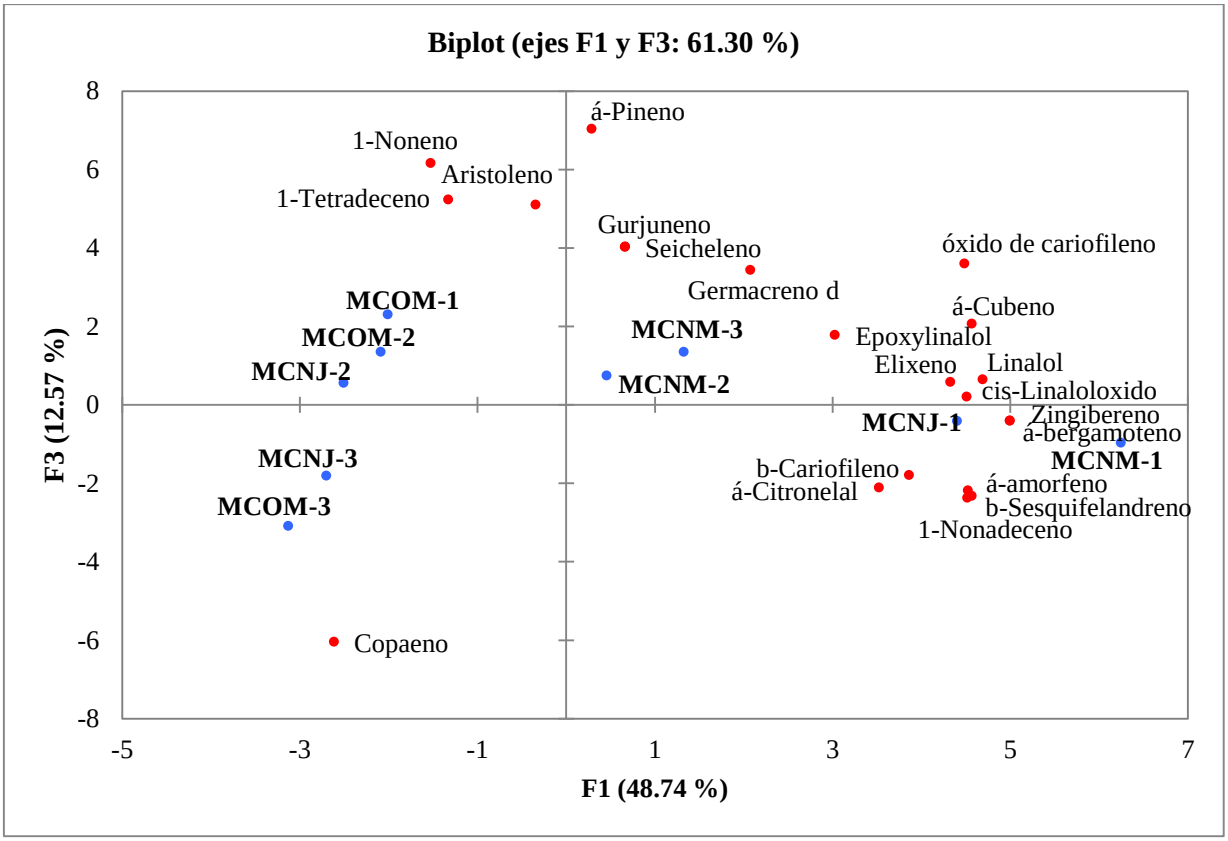
La gráfica muestra que dos componentes explican un total de 67.98% de la variabilidad de los datos**.** En el mapa el componente 1 explica el 34.90% de la variabilidad de los datos y fue dada por los ácidos crotónico, valérico, acético, oxalúrico, nonanóico, heptanóico y octanal con pesos mayores a 0.5; esos compuestos volátiles generan notas de rancio, vinagre y floral, y los frutos en madurez comercial MCOM-1 y MCOM-2 son principalmente explicados por estos compuestos volátiles. El componente 2 explica el 33.08% de la variabilidad de los datos y ácidos octanóico, capróico, benzoico, butírico, undecanóico, dodecanóico, carbitol, propiónico y oxálico presentaron pesos mayores a 0.5 y los frutos en madurez de consumo como MCNJ-1, MCNJ-2, MCNJ-3, MCNM-1 y el fruto MCOM-3 están asociados principalmente con estos

compuestos; estos compuestos volátiles generan notas de rancio, sudor, queso y frutal, los cuales son característicos de los frutos de papaya en madurez de consumo. También se observó que en el componente 1 los frutos de papaya en madurez comercial (MCOM-1, MCOM-2) están en la parte positiva, mientras que los frutos en madurez de consumo, se encuentran en la parte negativa de ese componente.

Muchos trabajos han demostrado la importancia de los ácidos grasos como precursores de ésteres, en particular la oxidación de los ácidos linoléico y linolénico generan muchos de los alcoholes, ácidos y ésteres encontrados en los frutos (Fuggate, 2010; Baldwin *et al.*, 2000; Almora *et al.*, 2004).

- Terpenos en frutos variedad Maradol

En la **Gráfica 18** se muestra la clasificación de las papayas en sus dos estados de madurez en función de los terpenos.



Gráfica 18 ACP de terpenos identificados por GC-MS en frutos de papaya Maradol en diferente estado de madurez

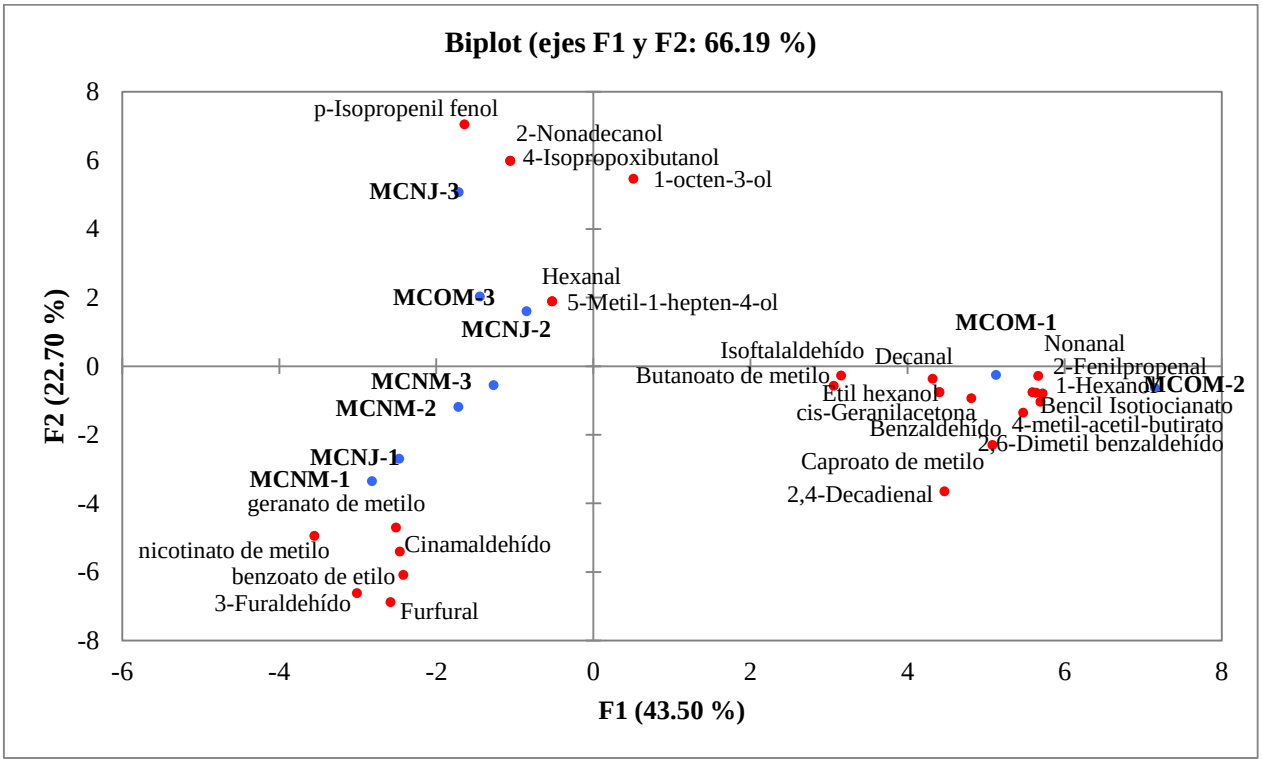
La gráfica muestra que dos componentes explican el 61.30% de la variabilidad de los datos, en el mapa, el componente 1 explica el 48.74% de la variabilidad de los datos y fue dada por los terpenos cis-óxido de linalol, linalol, α-cubeno, zingibereno, α-bergamoteno, óxido de cariofileno, α-amorfeno, β-sesquifelandreno y 1-nonadeceno con pesos mayores a 0.5; esos compuestos volátiles generan notas frutales, herbales, madera y florales y los frutos con madurez de consumo como MCNJ-1, MCNJ-3 y MCNM-1 están asociados principalmente a estos compuestos. El componente 2 explica el 12.57% de la variabilidad de los datos y terpenos como seicheleno, gurjuneno y germaceno d y frutos en madurez de consumo y comercial como MCOM-1, MCNM-2, MCNM-3 están asociados principalmente a estos compuestos que generan notas de madera y herbal. Se observa que en la parte positiva del componente 1 están los frutos en madurez de consumo y la mayor cantidad de terpenos, mientras que en la parte negativa están los frutos con madurez comercial y menor cantidad de terpenos, lo que indica que la cantidad de terpenos presentes en los frutos depende del grado de madurez de los frutos.

Estudios realizados en diversas variedades de papaya han revelado que el linalol es uno de los compuestos volátiles muy importante en el perfil de olor en frutos de papaya. Un ejemplo es la variedad Golden donde el linalol constituye el 94% de los compuestos volátiles así como sus derivados oxidados, detectados en estados de madurez fisiológica y hasta la madurez de consumo (Flath *et al.,* 1990). Sin embargo, en otros trabajos se evaluó el poder odoractivo del linalol y se observó que a pesar de ser un compuesto volátil clave en el perfil de olor de los frutos presentó umbrales de identificación muy altos en jueces entrenados (Elsharif *et al.,* 2015).

Los terpenos se derivan de la conversión de la Acetil Co-A (CoA), piruvato y el gliceraldehido-3-fosfato a través de la ruta del ácido mevalónico en el citosol y de la ruta del metil-eritrol-fosfato en plastidios (Defilippi *et al.,* 2009) Se observa que existe una mayor cantidad de terpenos y ácidos debido a las degradaciones de los compuestos como carbohidratos, lípidos y proteínas que se encuentran en la pulpa de los frutos.

- <u>Alcoholes, aldehídos y ésteres en frutos variedad Maradol</u>

En la **Gráfica 19** se muestra la clasificación de las papayas en sus dos estados de madurez en función de los alcoholes, aldehídos y ésteres. La gráfica muestra que dos componentes explican el 66.19% de la variabilidad total de los datos.



Gráfica 19 ACP de ésteres, aldehídos y alcoholes identificados por GC-MS en frutos de papaya variedad Maradol en diferentes estados de madurez

En el mapa el componente 1 explica el 43.50% de la variabilidad de los datos y fue dada por los aldehídos: benzaldehído, dimetil benzaldehído, nonanal, decanal, decadienal, fenilpropenal y geranil acetona; ésteres: caproato de metilo, bencil isotiocianato y 4 metil acetil butirato; y alcoholes: hexanol y etil hexanol con pesos mayores a 0.5; y los frutos de madurez comercial MCOM-1, MCOM-2 son principalmente explicados por estos compuestos volátiles, que se caracterizan por generar las notas de verde, látex, resina, frutal, y detergente, notas características en frutos verdes. El componente 2 explica el 22.70% de la variabilidad de los datos y fue dada por los ácidos octanóico, capróico, benzoico, butírico, undecanóico, dodecanóico, carbitol, propiónico y oxálico con pesos mayores a 0.5 y los frutos en madurez de consumo como MCNJ-1, MCNJ-3, MCNM-1, estos compuestos volátiles generan notas de rancio, sudor, queso y frutales, los cuales son característicos de los frutos de papaya maduros.

Es necesaria la presencia de ácidos grasos y alcoholes para la biosíntesis de ésteres; que se ve limitada por la concentración de alcohol disponible en el fruto; la cual puede modificar el perfil aromático final de una variedad en particular (Defilippi, *et al.*, 2009). En otros trabajos reportados se observó que los ésteres son la clase dominante de compuestos químicos en frutos de papaya variedad Maradol roja, con el butanoato de metilo y butanoato de etilo como mayores constituyentes (Pino *et al.*, 2003; Pino 2014); al igual que una variedad de papaya cultivada en Sri Lanka dominaron los ésteres con el 52% de su composición, con cantidades significativas de butanoato de metilo (MacLeod y Pieris 1983). En otras variedades de Colombia los ésteres predominaron con un 63% de su composición siendo el butanoato de etilo el más predominante.

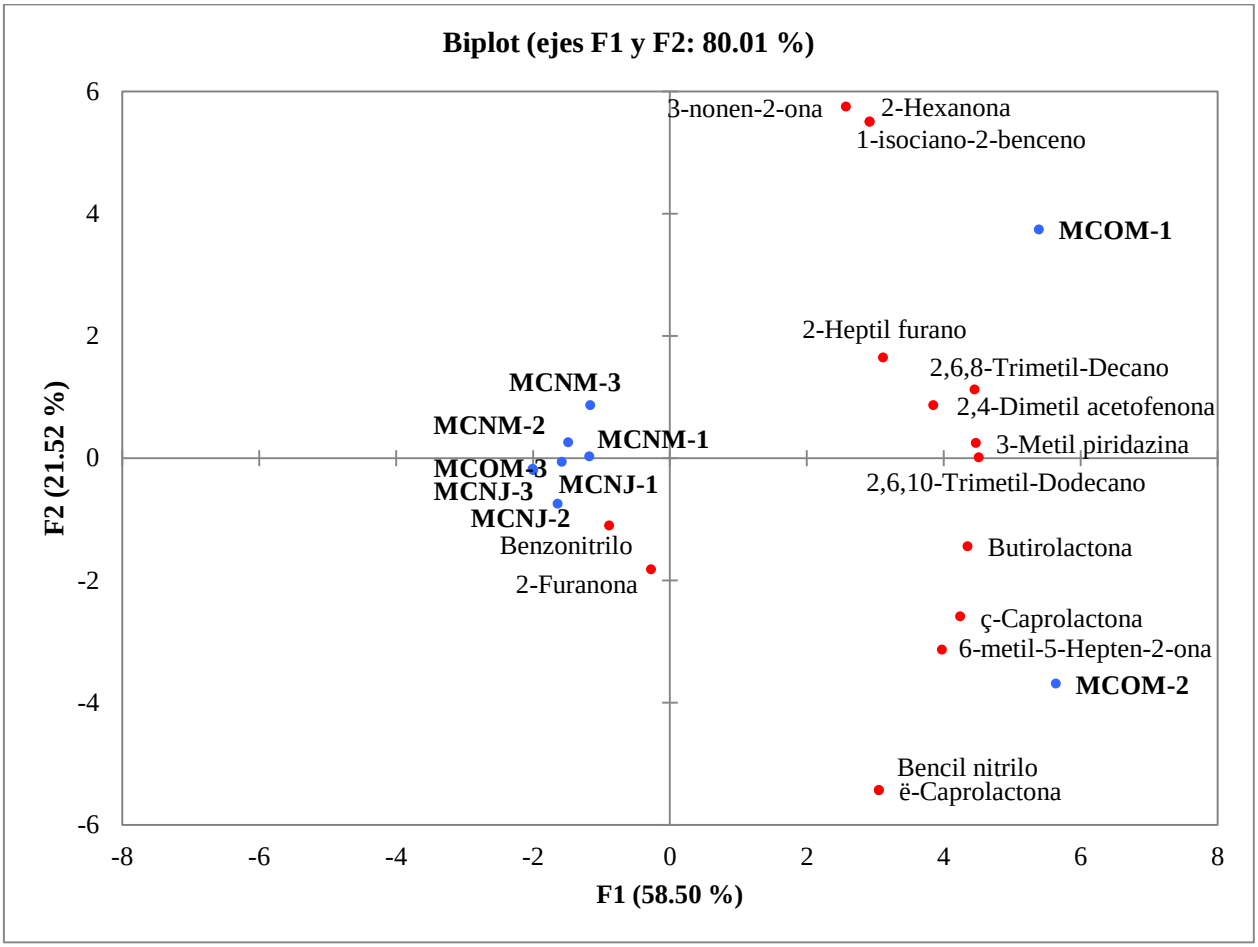
Ulrich y Wijaya en el 2010 analizaron los volátiles de papayas de Indonesia y Brasil por GC-MS y GC-O, concluyeron que los compuestos con un impacto odoractivo eran el hexanal (herbáceo), nonanal (herbáceo), óxido de linalol (floral), linalool (floral), ácido butírico (apestoso), fenil-metil-butanoato (floral) y bencil isotiocianato (ahumado).

Algunos compuestos de 6 carbonos (1-hexenol) en medianas o pocas concentraciones generan notas verdes o de frutos inmaduros, además de un gusto amargo y astringente en frutos inmaduros, esto debido a grandes concentraciones de bencil isotiocianato. El aroma diluido del bencil isotiocianato se describe como frutal y de papaya (Fisher 1996). Pino, Almora y Marbot en el 2003 usaron GC-O para evaluar los volátiles de papaya Maradol y concluyeron que los ésteres con ácidos de cadena corta contribuyen significativamente al aroma del fruto. Jirovetz, Buchbauer y Shahabi en el 2003 analizaron por SPME y GC-O el perfil volátil de frutos maduros e inmaduros de papaya cultivados en Camerún; concluyeron que el aroma de los frutos de papaya es el resultado de la combinación de altas concentraciones de linalol, alcoholes de cadena corta y ésteres.

- <u>Lactonas, cetonas, alcanos y nitrilos en frutos variedad Maradol</u>

En la **Gráfica 19** se muestra la clasificación de las papayas en sus dos estados de madurez en función de las lactonas, cetonas, alcanos y nitrilos que explica el 80.01% de la variabilidad total de los datos con dos componentes. El componente 1 explica el 58.50% de la variabilidad de los datos y fue dada por los compuestos γ-caprolactona, butirolactona, 2-heptil-furano, 6-metil-5-hepten-2-ona, 2-4-dimetil acetofenona, 3-metil piridazina, 2,6,8-trimetil decano,

2,6,10-trimetil dodecano y los frutos en madurez comercial (MCOM-1, MCOM-2, MCOM-3) y madurez de consumo (MCNJ-3, MCNM-2) son principalmente explicados por estos compuestos volátiles que generan notas de verde, floral y alcalinas.



Gráfica 20 ACP de lactonas, cetonas, nitrilos y alcanos identificados por GC-.MS en frutos de papaya Maradol en diferentes estados de madurez.

El componente 2 explica el 21.52% de la variabilidad de los datos, los frutos de madurez de consumo (MCNJ-1, MCNM-,1 MCNM-3) presentaron pesos mayores a 0.5 con compuestos volátiles coyas notas son de almendra, picante y frutal.

Se observó que los frutos en madurez comercial presentaron un gran contenido de lactonas y cetonas, a diferencia de los frutos en madurez de consumo que presentaron una mayor diversidad de compuestos volátiles, por lo que se agrupan en el centro y no pueden ser explicados por un solo componente. La cantidad de ésteres, cetonas, lactonas y aldehídos es menor en comparación con el número de ácidos y terpenos identificados, por lo que nos

permite concluir que muchos de los terpenos y ácidos identificados son los precursores en la formación de lactonas, ésteres, cetonas y aldehídos. Las lactonas son compuestos volátiles biosintetizados a partir de la ruta de la β-oxidación de ácidos grasos saturados. Estudios anteriores han demostrado que la abundancia de lactonas disminuye en frutos de papaya almacenados a bajas temperaturas.

Actualmente más de 300 compuestos volátiles han sido identificados en frutos de papaya fresca, pero no todos contribuyen a su olor característico. El perfil de olor de frutos de papaya está compuesto por una mezcla muy compleja de volátiles, siendo los terpenos los compuestos más importantes, además de alcoholes, ésteres, aldehídos lactonas y cetonas (Kelebek *et al.*, 2015: Pino 2014; Almora *et al.*, 2004; Flatch y Forrey 1977; Fuggate *et al.*, 2010).

6.2.2.7. Análisis de Perfil de Textura (TPA)

La textura representa uno de los principales factores que definen la calidad de las frutas y en papaya, así como en melón, tomate, fresas, manzanas y mora azul entre muchas otras frutas, sus características texturales están relacionadas con la estructura de la pared celular y su degradación durante la fase de maduración post-cosecha y por ello constituye un indicador más adecuado que el color, sobre el estado de madurez. Para las personas que consumen frutos hay dos factores que más influyen las sensaciones en boca: la firmeza y la jugosidad (Toivonen y Brummell, 2008). Existen dos métodos para evaluar la textura de los alimentos: instrumental (TPA) y sensorialmente.

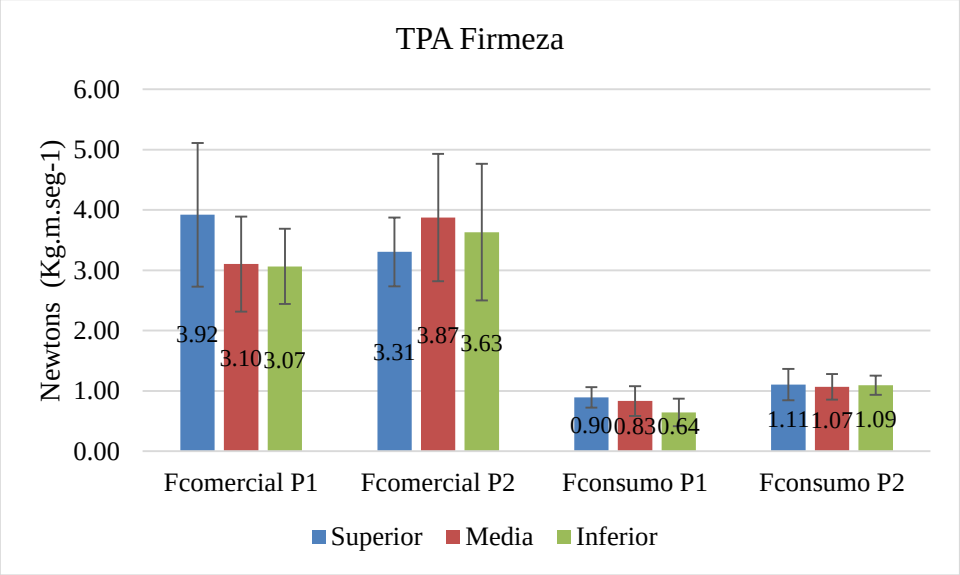
El TPA es una prueba de doble compresión que determina las propiedades texturales de los alimentos en la cual, la muestra se somete a una doble compresión usando un analizador de textura que simula la acción de morder, además es un método que puede cuantificar múltiples parámetros texturales (mecánicos) (firmeza, cohesividad, adhesividad, gomosidad, masticabilidad, fracturabilidad, etc) en un solo experimento. La firmeza es un atributo decisivo para la aceptación del consumidor y la pérdida de esta puede ser asociada con la pérdida de calidad. La firmeza es el valor máximo de la fuerza requerida para comprimir la muestra durante la primera compresión del ciclo del TPA y hace referencia a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar.

En la **Tabla 32** se reportan los resultados obtenidos del perfil de textura en frutos de papaya variedad Maradol. Se realizó un ANOVA multifactorial de 3 factores (madurez, proveedor y parte del fruto) $p<0.05$. Se hizo un análisis de medias LSD (95% de confianza).

Tabla 32 Valores promedio del análisis de perfil de textura. Prueba de medias (LSD Fisher α 0.05, letras diferentes entre filas indican diferencias significativas)

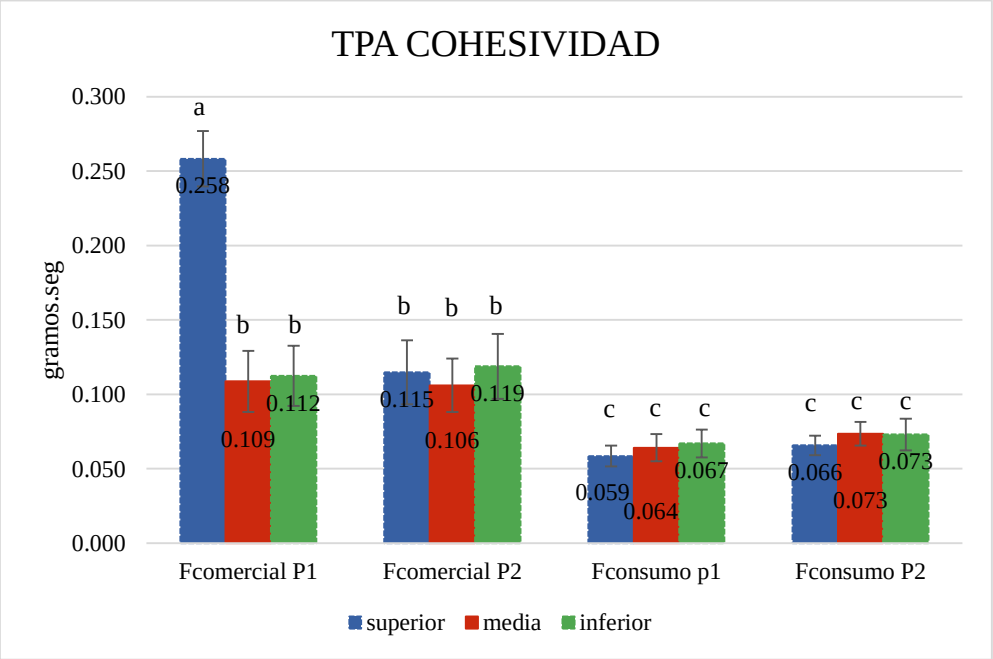
	Madurez		**Proveedor**		**Parte del fruto**		
	Comercial	**Consumo**	**1**	**2**	**Superior**	**Media**	**Inferior**
Firmeza	3.48a	0.94b	2.08a	2.35a	2.31a	2.22a	2.11a
Cohesividad	0.137a	0.067b	0.088a	0.115a	0.124b	0.088a	0.093a
Adhesividad	-137.54a	-143.58a	-124.77a	-156.35a	-137.66a	-146.19a	-137.82a
Gomosidad	296.71a	253.95b	240.38a	310.29b	515.49b	241.83a	68.68ª
Masticabilidad	117.14a	69.43b	93.21a	93.37a	171.14b	91.32a	17.40ª
Fracturabilidad	3539.72a	1099.00b	2053.99a	2584.73a	2550.30a	2283.34a	2124.43a

Se observó que la madurez influye significativamente en los atributos de firmeza, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y fracturabilidad. Los frutos a pesar de presentar diferencias significativas en casi todo los atributos de acuerdo al estado de madurez, no presentaron diferencias de acuerdo al proveedor, únicamente en la gomosidad de la pulpa, también se observó que la textura es heterogénea incluso en el mismo fruto, siendo significativo el factor parte del fruto en los atributos de adhesividad, gomosidad y masticabilidad. La **Gráfica 21** representa los promedios de los valores obtenidos para la firmeza de la pulpa.



Gráfica 21 Análisis de firmeza en frutos en madurez comercial y de consumo. **P1**: proveedor1, **P2**: proveedor2.

La cohesividad es la resistencia máxima que soporta un material sin romperse frente a una segunda deformación, respecto a su resistencia bajo la primera deformación, se reporta como el área de trabajo durante la segunda compresión dividida por el área de trabajo durante la primera compresión. Es un atributo mecánico textural, relacionado con la fuerza necesaria para romper un producto en migajas o piezas, incluye las propiedades de fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad. Un alimento presenta fuerzas de cohesión cuando son necesarias muchas mordidas o es difícil separar la matriz del alimento debido a las fuerzas que atraen y mantienen unidas a las moléculas que lo conforman. Un alimento con fuerte cohesión será más tolerante al manejo, empaquetamiento y transporte hasta llegar con el consumidor en la presentación deseada. En la **Gráfica 22** se presentan los promedios obtenidos para la cohesividad. Los frutos presentaron diferencias estadísticamente significativas en la cohesividad de la pulpa de acuerdo al grado de madurez. También se observó que la cohesividad de la parte superior de los frutos verdes fue diferente a la de las partes medias e inferiores.



Gráfica 22 Análisis de Cohesividad en madurez comercial y de consumo. **P1**: proveedor1, **P2**: proveedor2.

Se muestran únicamente los resultados de firmeza y cohesividad porque son atributos que también se evaluaron sensorialmente con el grupo de jueces.

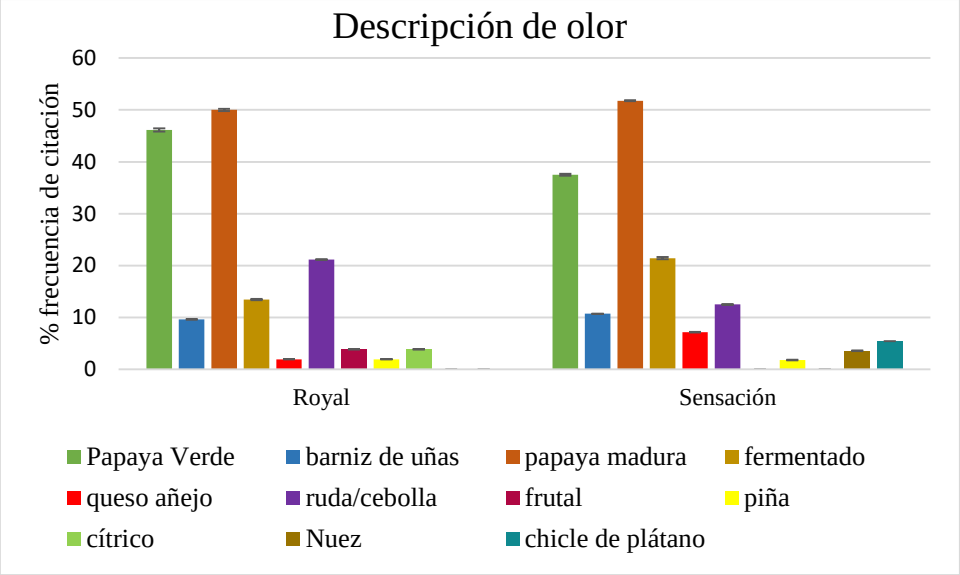
6.3. Descripción sensorial de diferentes variedades de papaya

Un léxico se puede validar usando los términos para comparar varios productos en una misma categoría o atributo y determinar si el léxico permite al panel diferenciar y describir las propiedades sensoriales del producto (Lawless, 2012). Por lo que se analizaron los resultados de las descripciones sensoriales de los atributos del sabor, olor, textura y color de diferentes tipos de variedades y los resultados se presentan a continuación:

6.3.1. Descripción olor

- **Variedades Royal y Sensación**

Durante las pruebas sensoriales se observó que los jueces utilizaron 11 descriptores para la descripción del olor de los frutos. Durante la fase de entrenamiento, los jueces describieron el olor de 2 variedades diferentes. Los resultados se evaluaron de acuerdo a las frecuencias de citación de cada descriptor durante las 4 sesiones (**Gráfica 23).**



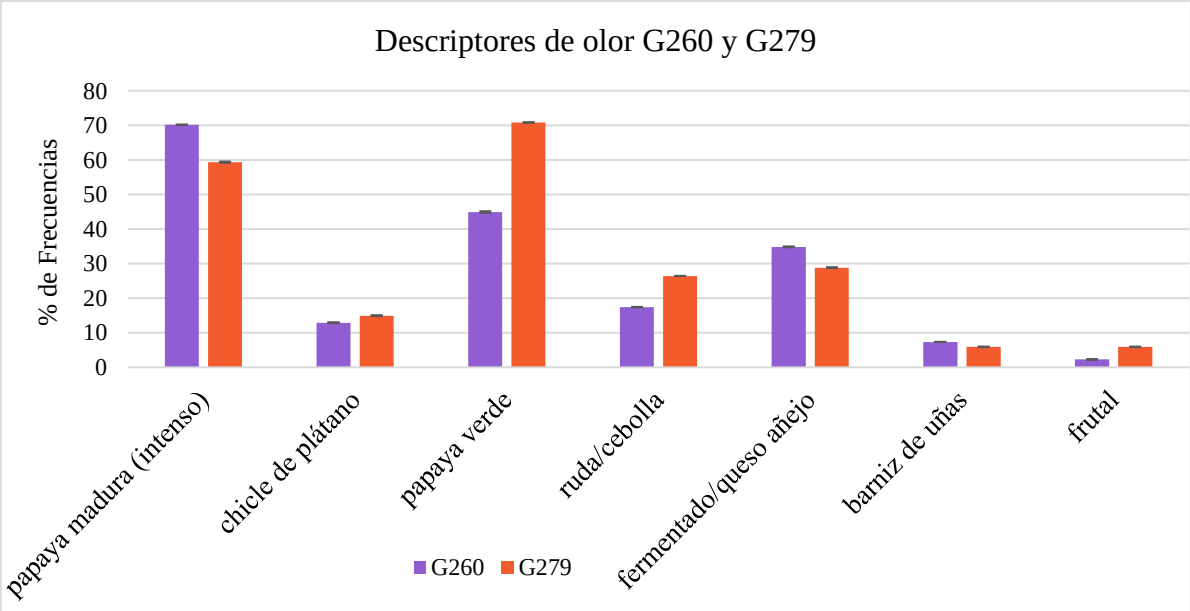
Gráfica 23 Vocabulario utilizado para describir el olor de las variedades Royal y Sensación.

La frecuencia de citación se reportó en porcentaje. Se hizo un análisis estadístico de X^2 (Ji-cuadrada) para evaluar si existen diferencias en la frecuencia de citación de los descriptores para las dos variedades. El valor de X^2 fue de 13.257 con un valor de p= 0.2096> 0.05 lo que indica que no existen diferencias significativas en la frecuencia de citación de los descriptores para cada variedad. En las dos variedades los descriptores que predominaron para la descripción del olor fueron papaya madura, papaya verde, fermentado y cebolla/ ruda, La

variedad royal presentó notas frutales como la nota frutal, piña y cítrico, a diferencia de la sensación que presentó descriptores de nuez y chicle de plátano.

- **Variedades G260 y G279**

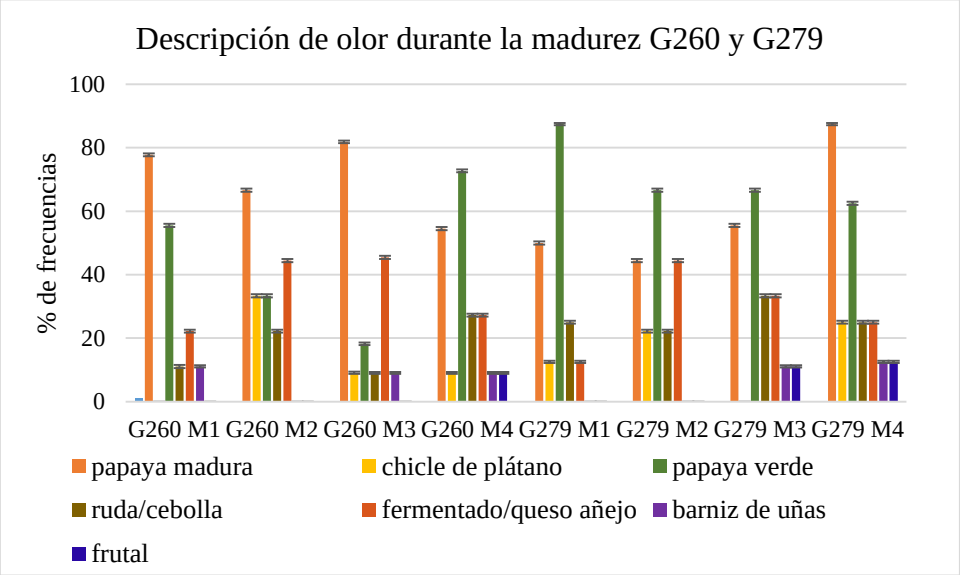
Para la descripción de olor de las variedades G260 y G279 se observó que el olor de los frutos de papaya estuvo conformado por 7 diferentes notas de olor (**Gráfica 24**), las cuales forman parte del léxico establecido por los jueces. Se observa que las notas más fáciles de identificar para ambas variedades son la nota de papaya verde/ látex y papaya madura/ uva, notas generadas por dos compuestos volátiles presentes en el perfil odoractivo (bencil isotiocianato y butanoato de metilo), también se identificaron notas como ruda, fermentado, látex, chicle de plátano entre otros. Los resultados se reportaron en % de frecuencias de citación.



Gráfica 24 Vocabulario utilizado para describir el olor de las variedades G260 y G279.

Posteriormente los jueces evaluaron frutos de estas variedades en diferentes estados de madurez, establecidos por el color de la cáscara (M1 fruto más verde y M4 fruto más maduro) **Gráfica 25**. Los resultados muestran que, las notas predominantes en los frutos independientemente del estado de madurez fueron las notas de papaya madura/ uva y papaya verde/ látex. Los resultados son los porcentajes de frecuencias de citación por los jueces; los frutos de madurez 3 y 4 de ambas variedades presentaron una gran heterogeneidad en el perfil

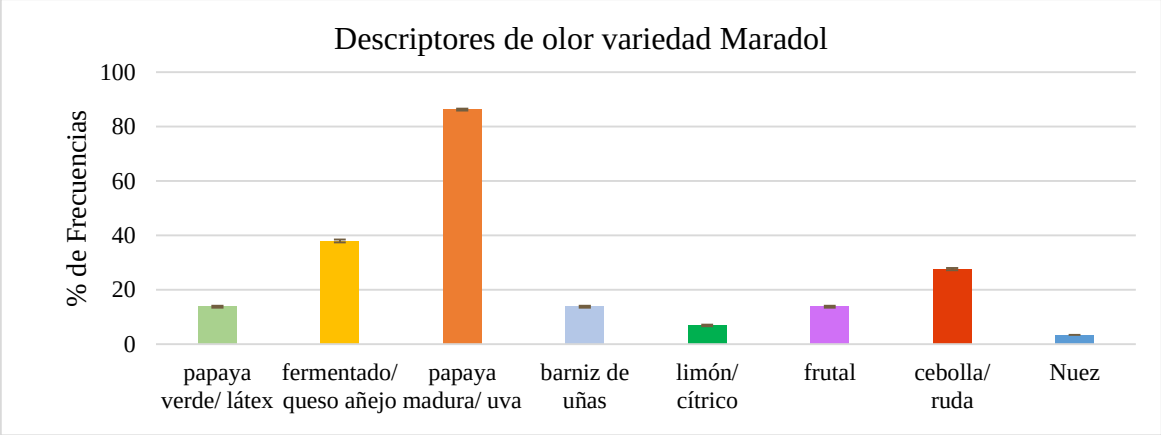
de olor, con la presencia de notas frutales. Durante estas pruebas descriptivas se logró familiarizar al juez con los cambios en el olor que sufren los frutos de papaya durante su maduración y además el juez logró distinguir notas que componen el olor característico de los frutos.



Gráfica 25 Descripción de olor de frutos de papaya variedad G260 y G279 en diferentes estados de madurez (M1, M2, M3 Y M4 indican el grado de madurez del fruto).

- **Variedad Maradol**

En México la variedad de frutos de papaya que más se comercializa es la Maradol, por lo que se utilizó esta variedad para las pruebas descriptivas de olor. En la **Gráfica 26** se presentan los resultados de las pruebas.



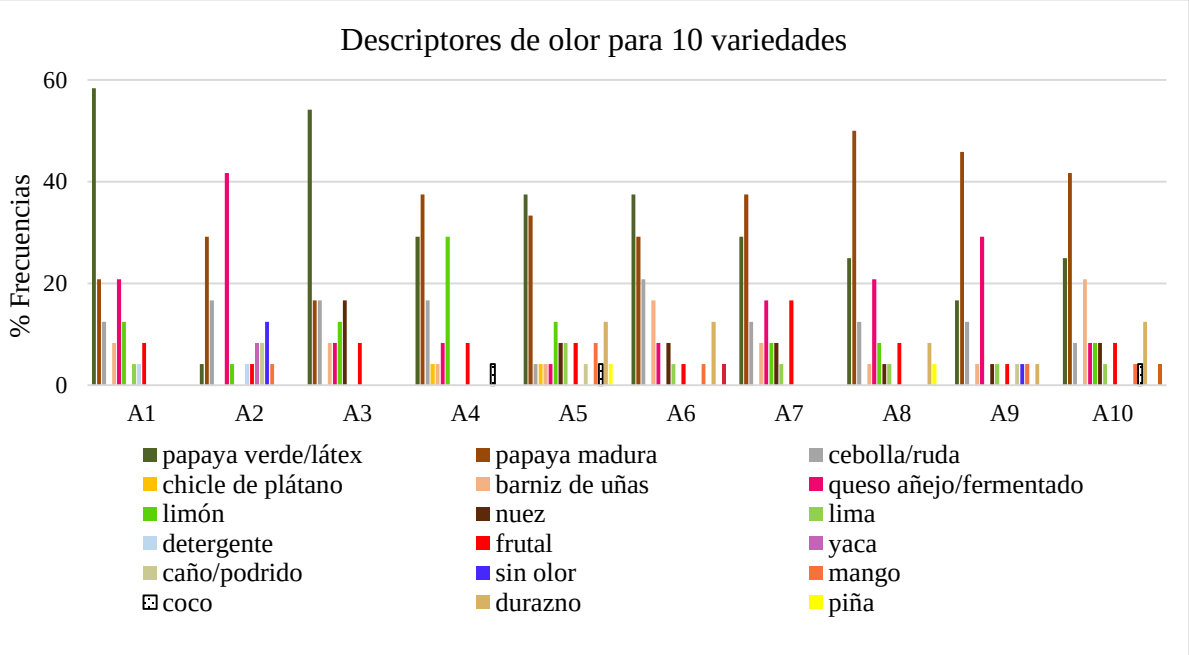
Gráfica 26 Descriptores de olor para la variedad Maradol

Los resultados se reportan en porcentaje de frecuencia de citación. Se observó que, cerca del 85% de los jueces identificaron la nota de papaya madura, el 38% identificó la nota de fermentado y el 28% de los jueces identificó la nota de cebolla/ ruda. Las notas que predominaron en los frutos Maradol son generados por compuestos volátiles como el butanoato de metilo, ácido butírico y compuestos azufrados presentes en frutos de papaya. También los jueces identificaron notas como limón y frutal, las cuales se le atribuyen al linalol. Los jueces identificaron 8 notas que en conjunto forman el olor característico de los frutos de papaya Maradol, a diferencia de las otras variedades, el olor de los frutos Maradol no fue heterogéneo ni hubo tantas notas frutales como en las variedades Royal y Sensación.

El léxico generado por los jueces para describir el olor de frutos de papaya Maradol, mostró ser pertinente ya que permitió describir sin problemas las otras 5 variedades de papaya, por lo que se prosiguió con la evaluación de otras 10 variedades, cuyos nombres aún no están establecidos pero provienen de cruzas y retrocruzas de variedades silvestres de papaya con la variedad Maradol.

- **Diez Variedades (Lote 1 A1-A10)**

Durante las pruebas descriptivas, los jueces evaluaron y describieron de manera libre el olor de cada una de las 10 variedades, los resultados se muestran en la **Gráfica 27**.



Gráfica 27 Descriptores de olor para 10 variedades.

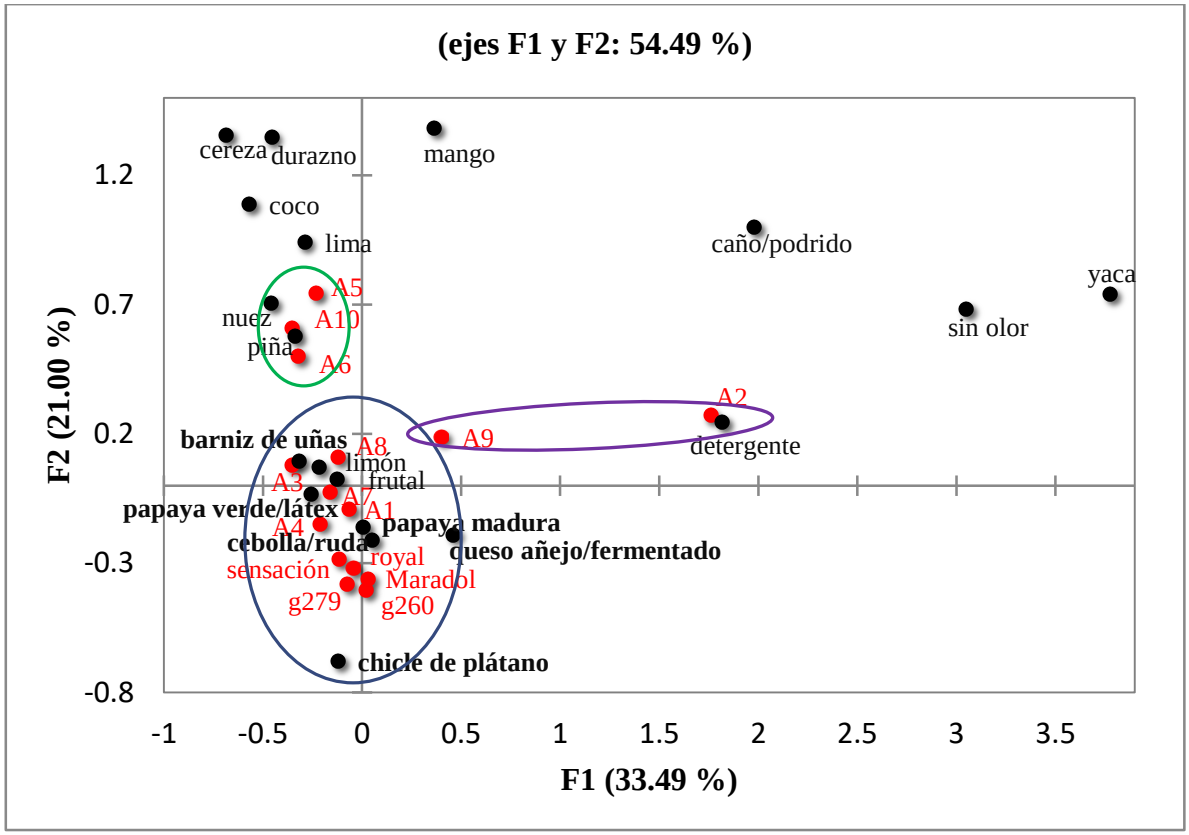
Se observó que las notas de olor más perceptibles en las 10 variedades fueron: papaya madura/ uva y papaya verde/ látex y en lagunas variedades la nota de queso añejo/ fermentado y limón. Los jueces utilizaron un total de 20 descriptores para describir el olor de las 10 variedades. Esto probablemente se debe a la diversidad de características de las variedades de papaya y a que los jueces al haber estado en un entrenamiento sensorial fueron desarrollando la habilidad de identificar y verbalizar notas individuales en el complejo olor de frutos de papaya.

Muchos autores han demostrado que la percepción y descripción olfativa son tareas difíciles para personas (sin entrenamiento) y la principal explicación a esa dificultad es la ausencia de un vocabulario específico de olor (Sulmont-Rossé *et al.*, 2003 y Engen 1987). Cuando las personas sin entrenamiento intentan describir el olor utilizan descriptores que hacen referencia a otras propiedades sensoriales (dulce, ácido, cálido) o a otros dominios (intenso, potente, seco), sin embargo la descripción del olor consiste únicamente en nombrar la fuente de olor (por ejemplo: manzana, plátano) (Urdapilleta, 2006).

Por todo lo anterior se puede demostrar que el léxico de olor generado por los jueces permitió la descripción de una amplia gama de olor de frutos de papaya de una manera objetiva. Los resultados se presentan en porcentajes de frecuencia de citación y se observa que las 10 variedades aportan diversidad al perfil de olor que se suma al perfil de las variedades anteriormente evaluadas.

6.3.1.1. Comparación del olor de 15 variedades

Se llevó a cabo un análisis factorial de correspondencias (AFC) con los resultados de la descripción de las 15 variedades evaluadas hasta el momento así como los descriptores de olor utilizados y su frecuencia de citación (**Gráfica 28**). Este análisis permitió resumir los descriptores generados para cada variedad en factores principales para obtener en un espacio bidimensional. El mapa está explicado por 2 factores principales que explican el 54.49% de la variabilidad de los datos; se presentan 2 variables.



Gráfica 28 Análisis factorial de correspondencias para el olor de 15 variedades.

En el mapa bidimensional se forman 3 grupos: grupo 1 (circulo azul) formado por 10 variedades Maradol, Sensación, Royal, G260, G279, A1, A3, A4, A7 y A8, las cuales se caracterizaron por presentar notas de papaya madura/ uva, papaya verde/ látex, cebolla/ ruda, queso añejo/ fermentado, barniz de uñas, chicle de plátano, frutal y limón. En el grupo 2 (círculo verde) se encuentran las variedades A5, A6 y A10 las cuales además de haber presentado las notas del grupo 1, tuvieron notas frutales como cereza, durazno, mango, lima, nuez y piña. El grupo 3 (círculo morado) formado por la variedad A2 y A9 se caracterizó porque presentó pocas notas de olor, incluso algunos jueces indicaron que era carente de olor, mientras que para otros el olor estaba conformado por notas de mango, yaca y de notas desagradables como caño y detergente.

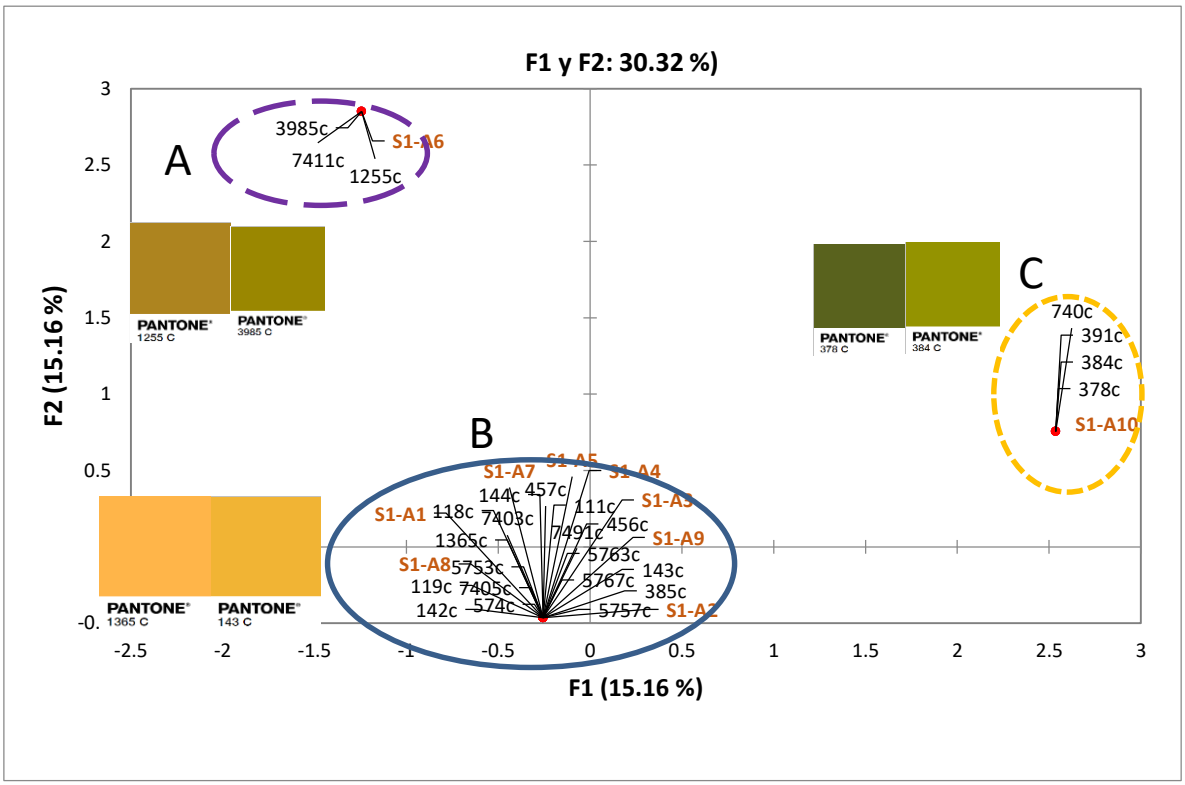
Con estos resultados se demuestra que el léxico generado en este trabajo es objetivo y representativo ya que, al parecer, abarca las principales notas clave del perfil de olor de papayas, por ello puede ser útil para la descripción sensorial del olor de papayas en estudio, puede ser utilizado para otras investigaciones enfocadas en medir el efecto de diversos

factores sobre las características sensoriales de frutos de papaya. Además la implementación de una estrategia metodológica para llevar a cabo la familiarización de los jueces y el entrenamiento para la obtención del léxico puede servir de base para otros trabajos.

6.3.2. Descripción color (variedades Lote 1 A1:A10)

En la descripción del color de 10 variedades de papaya en 3 diferentes estados de madurez, los jueces utilizaron en total 76 códigos pantone para describir el color de la cáscara y 43 códigos pantone para describir el color de la pulpa de los frutos durante su maduración. Se utilizaron las frecuencias de citación de los códigos de descripción del color de la cáscara de las 10 variedades, se analizaron por medio de un análisis de factores de correspondencias (AFC) y se obtuvo lo siguiente:

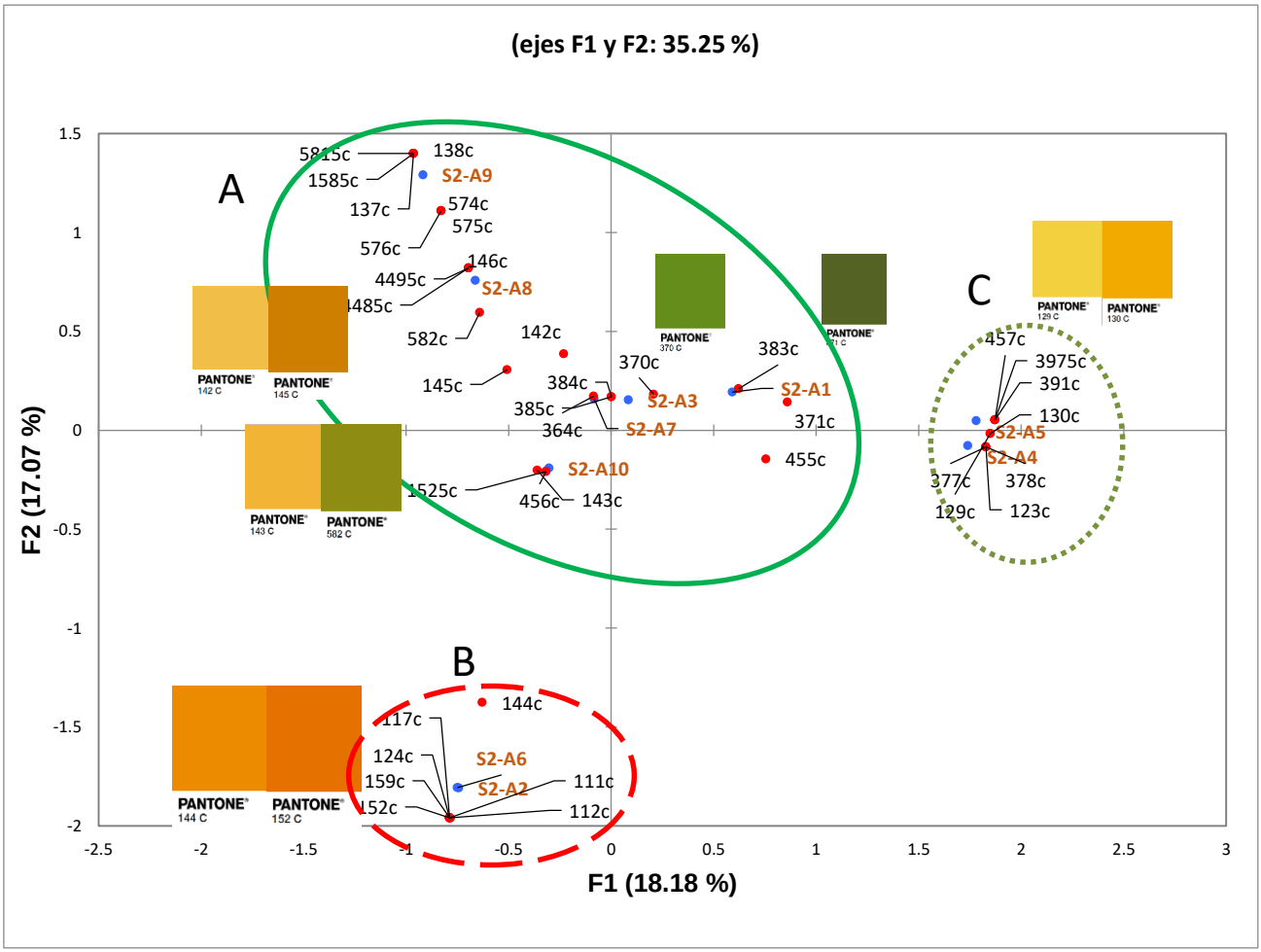
La **Gráfica 29** representa los 26 códigos pantone utilizados por los jueces para describir el color de las 10 variedades diferentes de papaya en madurez fisiológica. El mapa bidimensional explica el 30.32% de la variabilidad de los datos.



Gráfica 29 Análisis factorial de correspondencias. Efecto del estado de madurez sobre la apreciación del color de la cáscara de frutos en madurez fisiológica

Los frutos de papaya según el color de la cáscara formaron 3 grupos. El grupo B estuvo conformado por 8 de las 10 variedades evaluadas, los códigos de color más frecuentes fueron el 1365c y el 143c en la parte media de los frutos y en las uniones de los carpelos, fueron frutos que presentaron un mayor grado de madurez. La variedad 6 y la variedad 10 formaron un grupo cada una (A y B respectivamente), porque presentaron colores verdes en la totalidad de la superficie característico de frutos inmaduros.

La **Gráfica 39** representa 38 códigos pantone que se utilizaron para describir el color de la cáscara de frutos en madurez comercial. El mapa bidimensional explica el 35.25 % de la variabilidad de los datos y se formaron 3 grupos:

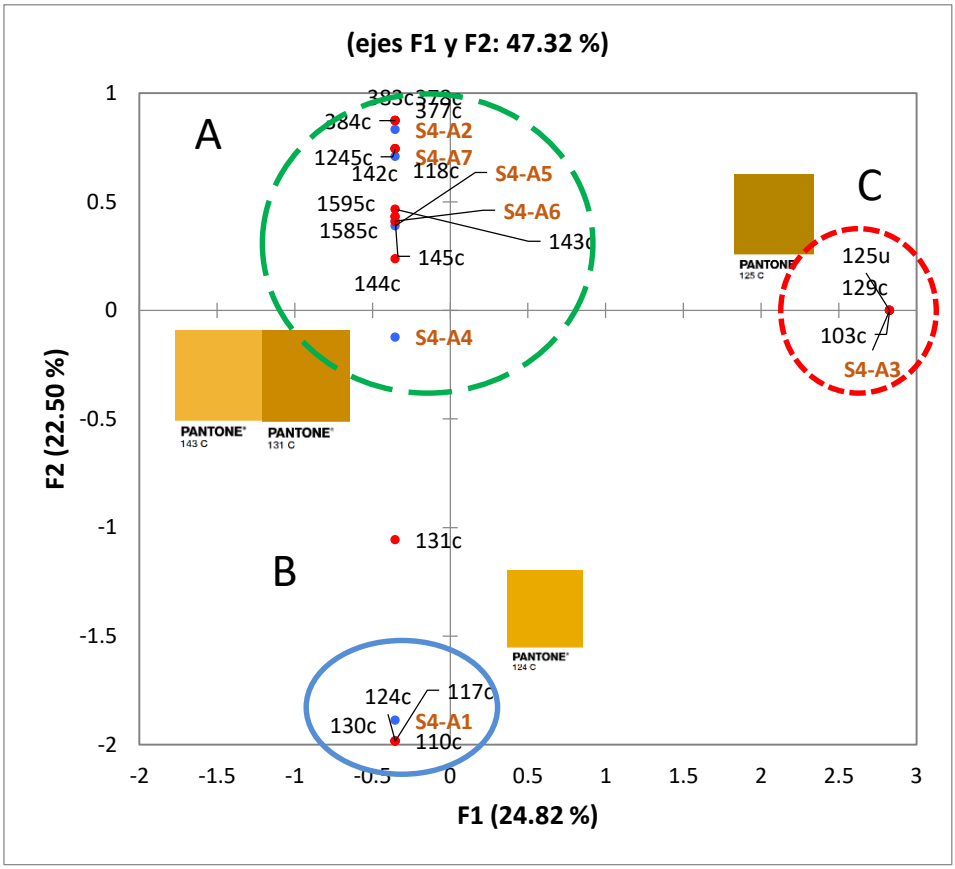


Gráfica 30 Análisis factorial de correspondencias. Efecto del estado de madurez sobre la apreciación del color de la cáscara de frutos en madurez comercial

El grupo A agrupó 6 variedades que presentaron gran heterogeneidad en el color de su cáscara principalmente amarillo, naranja y verde. El grupo B lo formaron las variedades A2 y A6 por

sus colores naranja y amarillos en casi toda la superficie del fruto excepto en el pedúnculo y pedicelo del fruto. El grupo C estuvo formado por las variedades A4 y A5 cuyos colores de la cáscara eran más amarillos y no presentaban colores anaranjados como el grupo A.

Gráfica 31 representa 20 códigos pantone utilizados para describir el color de la cáscara de frutos en madurez de consumo. En el análisis solo se incluyeron 7 variedades (la variedad 8, 9 y 10 presentaron hongos). El mapa bidimensional explica el 47.32% de la variabilidad de los datos, se formaron 3 grupos:



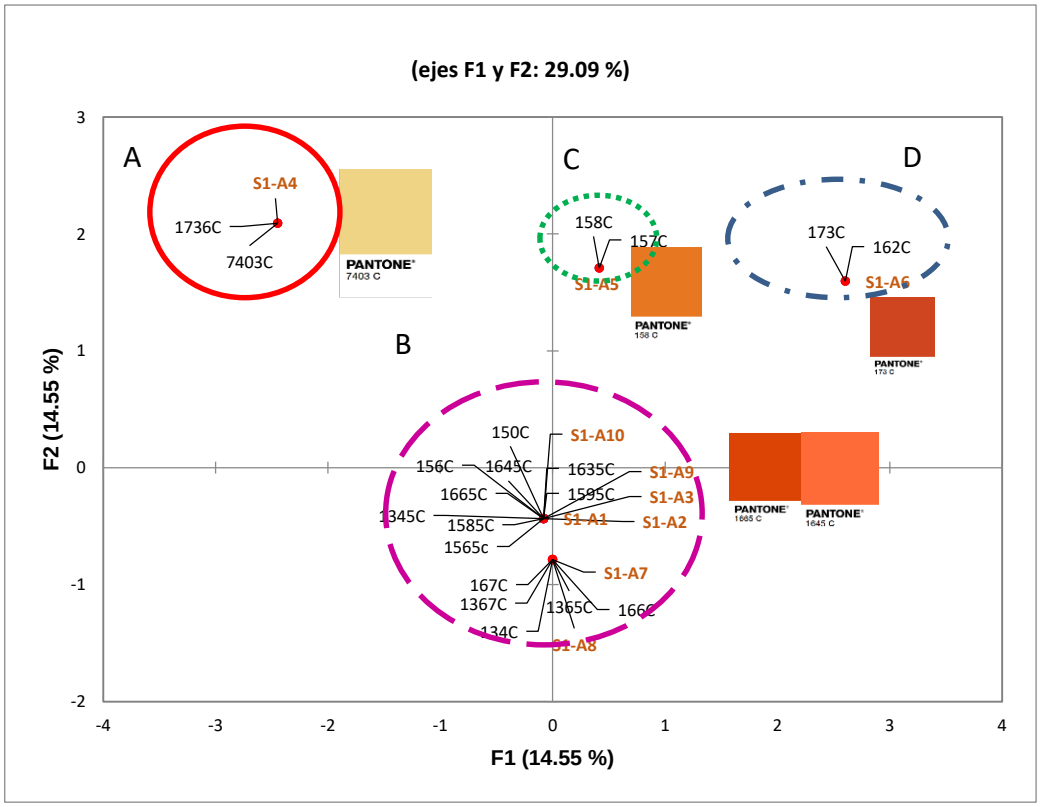
Gráfica 31 Análisis factorial de correspondencias. Efecto del estado de madurez sobre la apreciación del color de la cáscara de frutos en madurez de consumo

El grupo A estuvo conformado por las variedades A2, A4, A5, A6 y A7 que se caracterizaron por tener un color amarillo, naranja, pero con tonalidades más obscuras; el grupo B está formado por la variedad A1 que presentó el color amarillo más brillante, el grupo C estaba conformado por la variedad A3 cuyas tonalidades de amarillo presentaban tonos verdes aún.

Se observó que en los frutos en estado de madurez de consumo los jueces utilizaron un menor número de códigos pantone de color para describirlos, lo cual sugiere que el color fue más homogéneo a diferencia de los estados en madurez fisiológica y comercial.

6.3.2.1. Descripción del color de la pulpa (variedades Lote 1: A1-A10)

Posteriormente se muestran los resultados del análisis del color de la pulpa de 10 variedades de papaya. La **Gráfica 32** representa los 21 códigos pantone utilizados por los jueces para describir el color de la pulpa de las 10 variedades diferentes de papaya. El mapa bidimensional explica el 29% de la variabilidad de los datos.

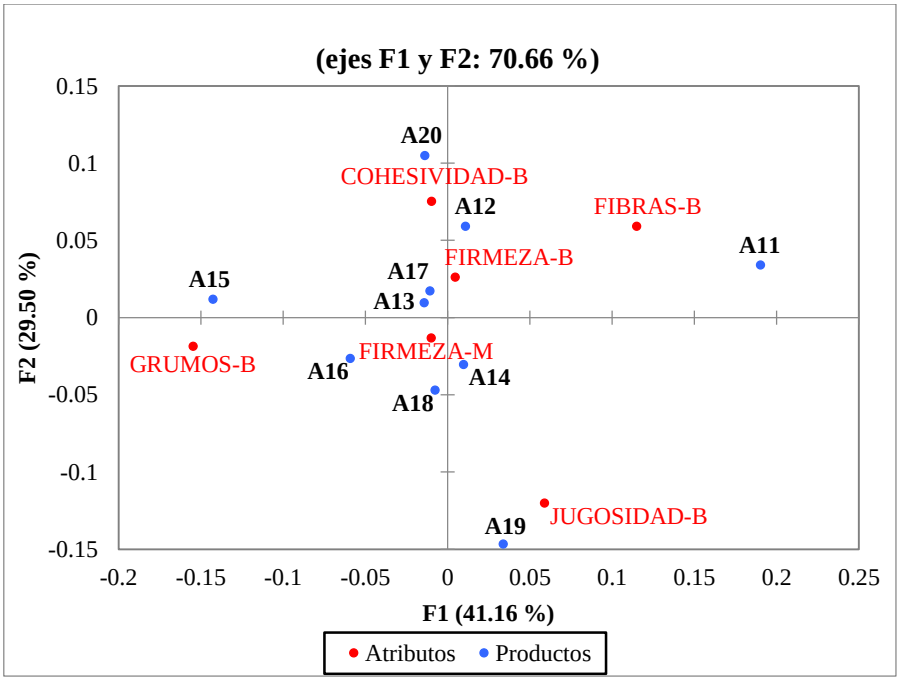


Gráfica 32 Análisis factorial de correspondencias para el color de la pulpa de 10 variedades diferentes

Se formaron 4 grupos (A, B, C y D). La variedad A4 fue la que presentó un color de pulpa característico de frutos inmaduros o en madurez fisiológica, las demás variedades presentaron tonos de color en pulpa característicos de frutos en madurez de consumo, principalmente la variedad A6.

6.3.3. Descripción textura (Lote 2 A11-A20)

Las frecuencias de citación de descriptores de textura de las pruebas CATA se utilizaron para calcular X^2 (α 0.05) con base en esto se observó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre variedades respecto a cada atributo de textura. En la **Gráfica 33** se presentan los resultados de las pruebas CATA en donde se evaluaron atributos de textura para las 10 variedades de papaya.

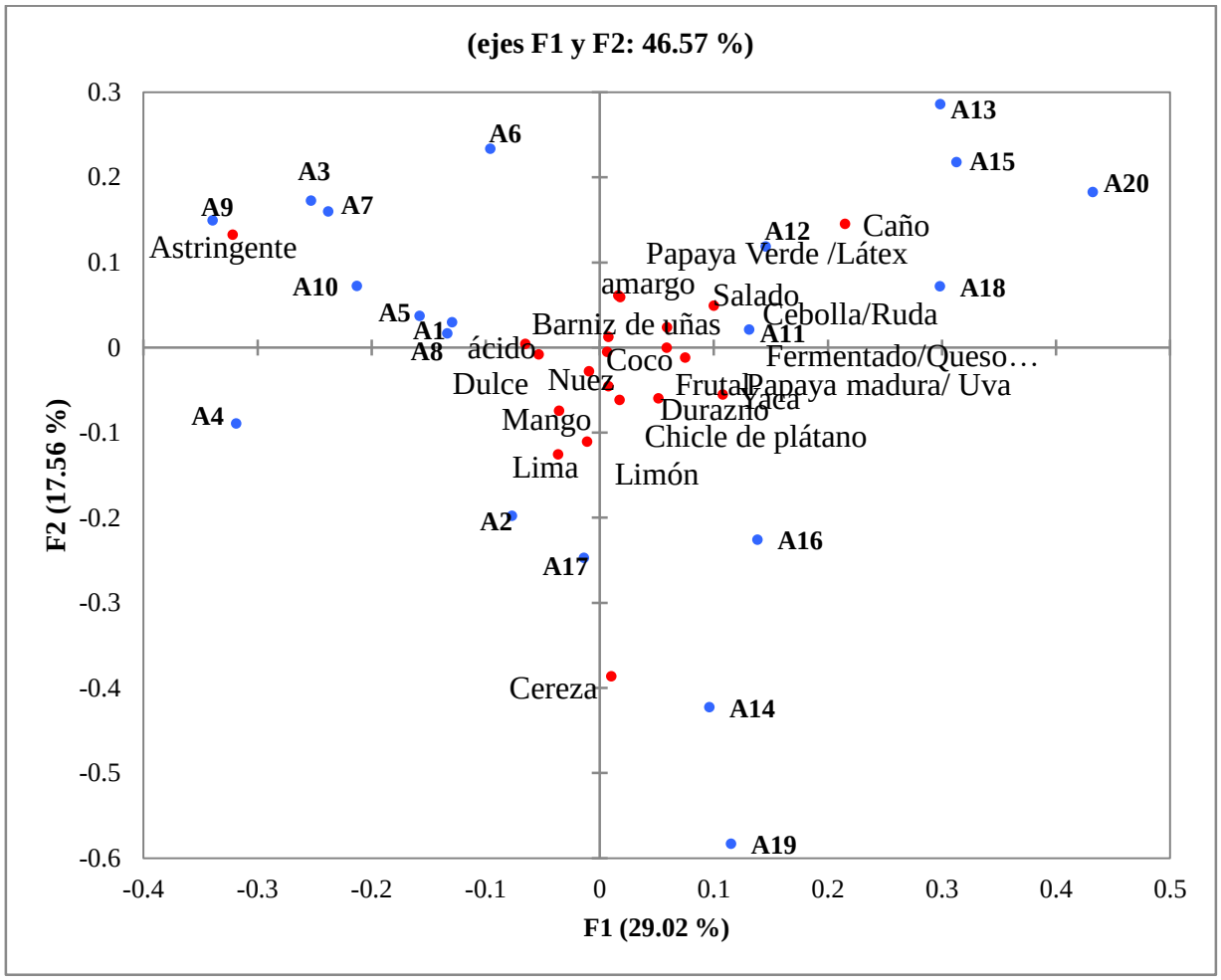


Gráfica 33 Análisis CATA de textura para 10 variedades de papaya

Los resultados se describen por 2 factores que explican el 70.66% de la variabilidad de los datos. El factor 1 explica el 41.16% de la variabilidad de los datos y está determinado por los atributos de firmeza, cohesividad y jugosidad de los frutos percibida en la boca; el factor 2 explica el 29.50% de la variabilidad de los datos y está determinada por la firmeza percibida en mano y los grumos percibidos en boca, al evaluar los frutos de papaya. A pesar de que no existen diferencias significativas entre variedades para cada atributo de textura, se observan tendencias. Por ejemplo la variedad A11 tuvo un mayor contenido de fibras, la variedad A19 fue más jugosa que el resto, la variedad A15 tuvo un mayor contenido de grumos en la pulpa, la variedad A20 fue más cohesiva y las variedades A12, A13 y A17 no parecen destacar particularmente en alguna característica.

6.3.4. Descripción sabor (Lote 1 y 2 (A1-A20)

Los resultados de las pruebas descriptivas del sabor de 20 variedades diferentes se analizaron por el método de frecuencias (AFC). En la **Gráfica 43** se presentan los resultados de las pruebas descriptivas, la gráfica explica el 46.57% de la variabilidad de los datos.



Gráfica 34 Análisis factorial de correspondencias para el sabor de 20 variedades de papaya

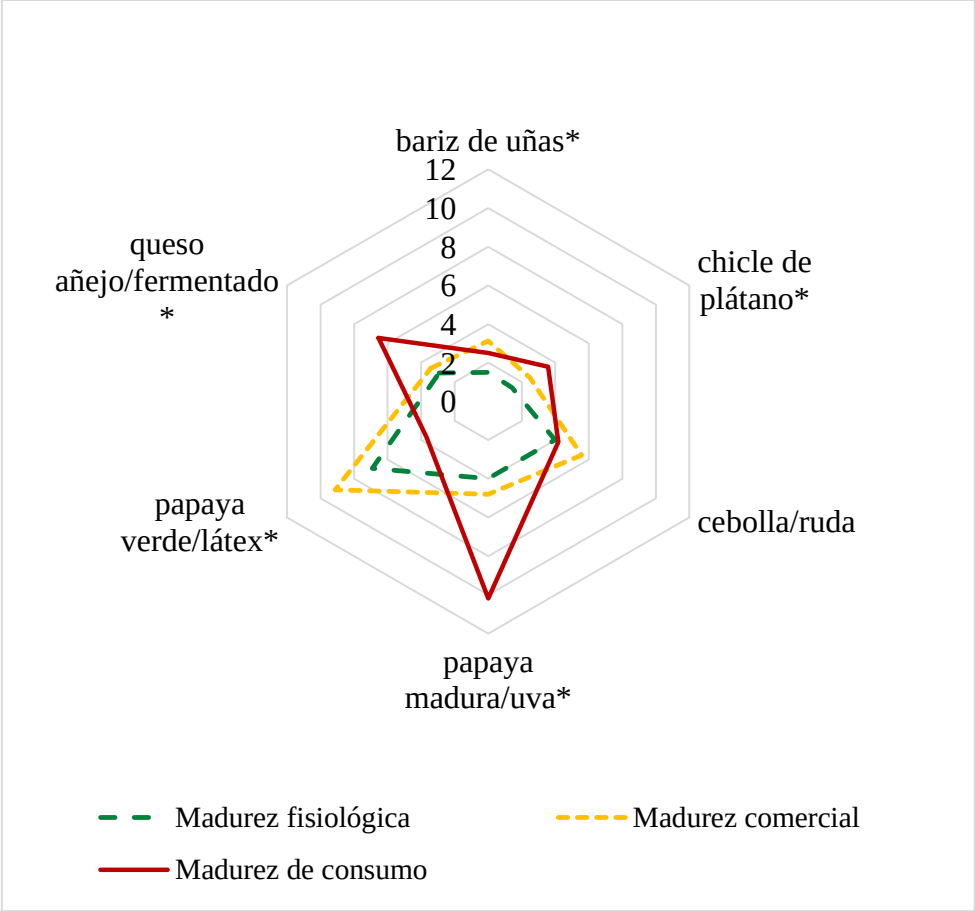
El factor 1 explica el 29.02% de la variabilidad de los datos, explica 11 variedades (A1, A3, A4, A5, A7, A9, A10, A13, A15, A18 y A20) las cuales se caracterizaron por el sabor de cebolla/ ruda, salado, ácido, lima, mango, coco y queso añejo. El factor 2 explica el 17.52% de la variabilidad de los datos, explica 4 variedades (A2, A3, A6 y A7) que fueron diferentes al otro grupo por presentar un sabor a papaya verde, papaya madura, frutal, nuez, dulce, amargo y la sensación astringente.

6.4. Medición sensorial de las características de frutos de papaya (perfil sensorial)

A lo largo del entrenamiento y calibración, los jueces desarrollaron la capacidad de identificar diferencias en la intensidad de las notas de olor de acuerdo al grado de madurez del fruto, por lo que se logró construir el perfil descriptivo y cuantitativo de los frutos de papaya en 3 diferentes estados de madurez (fisiológico, comercial y de consumo).

6.4.1. Perfil sensorial de olor (variedad Maradol)

En la **Gráfica 35** se presenta el perfil descriptivo cuantitativo del olor de papaya en tres diferentes estados de madurez.



Gráfica 35 Perfil descriptivo de olor para la variedad Maradol en diferentes estados de Madurez.

En los frutos de madurez fisiológica la nota más perceptible fue la de papaya verde / látex generada por el compuesto volátil bencil isotiocianato, al igual que la nota de cebolla/ ruda generada por el 3-mercapto-3-metil-1-butanol, incluso en frutos en madurez fisiológica existe la presencia de las notas características de los frutos pero en una intensidad menor. En los

frutos de madurez comercial se observa un aumento en la intensidad de todas las notas de olor; y en los frutos de madurez de consumo se observa un aumento en la intensidad de la nota de queso añejo/ fermentado y la de papaya madura/ uva así como la de chicle de plátano, y por lo contrario se observa que disminuye la intensidad de las notas de papaya verde/látex, cebolla/ ruda y barniz de uñas.

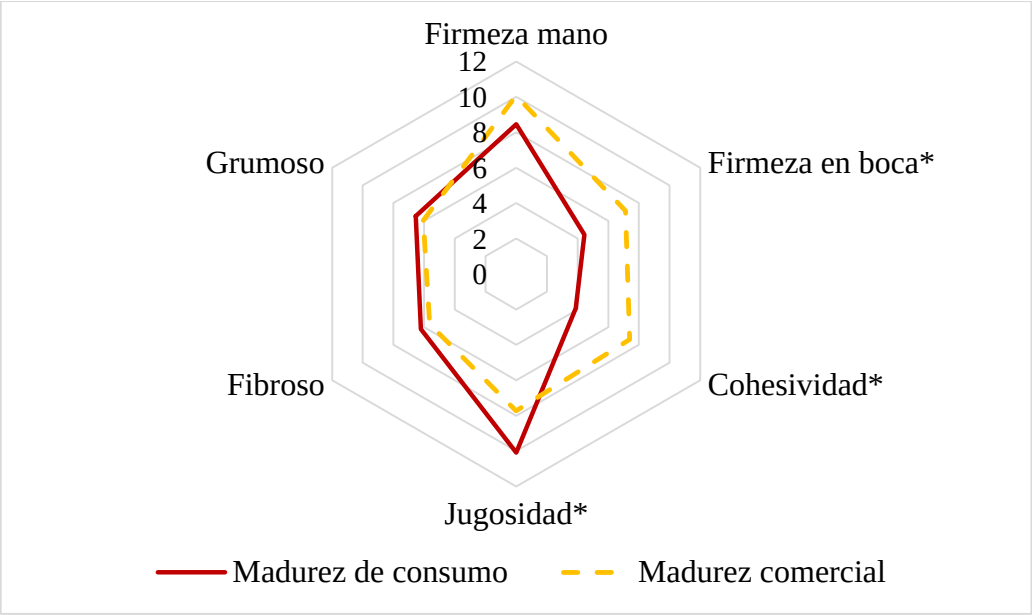
El perfil de emisión de los volátiles durante el desarrollo de los frutos se ha observado que es muy diverso entre diferentes estados de madurez y variedades. Los volátiles de papaya están compuestos por una mezcla compleja de compuestos, siendo los terpenos los compuestos más importantes entre ellos el linalol y el bencil isotiocianato (Fugatte, 2010). Los resultados obtenidos con los jueces coinciden con los reportados por Fugatte en el 2010, en donde ellos observaron por SMPE/ CG-EM que el bencil isotiocianato (el responsable de la nota de papaya verde/látex) fue el compuesto más abundante de los terpenos presente en el fruto desde su madurez fisiológica en el árbol y desaparece cuando el fruto presenta una madurez fisiológica de consumo, lo que concuerda con los resultados del análisis de CG-EM obtenidos en este trabajo, en donde los frutos en madurez comercial presentaron bencil isotiocianato y estuvo ausente en frutos de madurez de consumo. Fuggatte y colaboradores en el 2010 observaron que los ésteres etilo son los ésteres predominantes y hay un incremento en sus niveles cuando el fruto llega a la madurez de consumo, ejemplo de esto es el butanoato de metilo que genera la nota de papaya madura/ uva y el butanoato de etilo que genera la nota de piña/ uva.

Posteriormente para evaluar si hubo diferencias estadísticas significativas en la intensidad de cada uno de los descriptores en los frutos a diferente grado de madurez se hizo análisis de varianza (ANOVA) con una significancia de 0.05. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la intensidad de cada una de las notas de olor en los frutos debido a su madurez, la única nota de olor para la que su intensidad fue constante a lo largo de los diferentes estados de madurez de los frutos fue la nota de cebolla/ ruda.

6.4.2. Perfil sensorial de textura (variedad Maradol)

Posteriormente al evaluar los atributos de textura de la Variedad Maradol en dos diferentes estados de madurez (comercial y de consumo) se observó que los jueces detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los frutos en diferentes estados de madurez. En la

Gráfica 36 se observa que las características de textura, principalmente la firmeza, cohesividad y jugosidad de los frutos cambia durante la madurez del fruto.



Gráfica 36 Perfil descriptivo de Textura de frutos Maradol

Se observó que los frutos al madurar presentan una disminución significativa de la cohesividad y de la firmeza, pero en la firmeza sus valores dependen de si son percibidos en boca o en mano. Solo la firmeza medida en boca presentó diferencias estadísticamente significativas; esto probablemente se debe a que la boca es un instrumento sensorial con mayor saturación de sensores de forma y presión ligera, lo que lo hace más sensible a pequeñas variaciones. Durante la maduración de los frutos de papaya ocurre una degradación oxidativa de compuestos complejos de reserva como la celulosa, hemicelulosa, pectinas, β-glucanos a compuestos más simples, generando que la adhesión celular y la cohesividad disminuya provocando el ablandamiento del fruto (Paull *et al.*, 1999). Por otro lado también se observó un incremento significativo en la jugosidad de los frutos cuando alcanzan la madurez de consumo, esto puede deberse en gran medida a que, el agua que se encontraba conjugada con las cadenas de los compuestos se libera al momento de las reacciones de oxidación (Almora *et al.*, 2004). En la **Tabla 33** se presentan los valores de las medias de cada atributo así como el valor de P (se realizó un análisis de varianza de un solo factor y una prueba de medias LSD Fisher 95% de confianza). La textura representa uno de los principales factores que define la calidad de los frutos (Broune 2002) y por ejemplo en frutos como el melón,

tomate, fresa, manzana, mango y papaya, las propiedades texturales de los frutos se encuentran relacionadas con la estructura de la pared celular y su degradación durante la fase de maduración. Para el consumidor, existen 2 factores que más influyen la textura en boca de un fruto: la firmeza y la jugosidad (Szczesniak, 2002). La firmeza es un atributo decisivo para la aceptación del consumidor, la pérdida de firmeza se percibe que está asociada con la pérdida de calidad.

Tabla 33 Promedios y desviación estándar de los atributos de Textura de frutos Maradol en dos diferentes estados de Madurez (Valor P > 0.05 no existen diferencias entre estados de madurez)

Variedad Maradol	**Firmeza** (Mano)	**Firmeza** (boca)	**Jugosidad** (boca)	**Cohesividad** (boca)	**Fibras** (boca)	**Grumos** (boca)
Fruto Verde	10.1±0.9	7.1±0.8	7.8±0.7	7.4±0.8	6.2±0.9	6.1±0.9
Fruto Maduro	8.5±0.9	4.4±0.8	10.1±0.7	3.9±0.8	5.6±0.9	6.6±0.9
valor P	**(0.2287)**	**(0.0244)**	**(0.0235)**	**(0.0046)**	**(0.6869)**	**(0.6848)**

Los resultados de la tabla anterior se analizaron un análisis de varianza de un solo factor. En la Tabla de ANEXOS se reporta un análisis de varianza multifactorial (juez, sesión, muestra, Juez*sesión, juez*muestra y muestra*sesión) para confirmar la confiabilidad de la metodología.

- Intensidad de atributos de textura en diferentes variedades (variedad Maradol y A3)

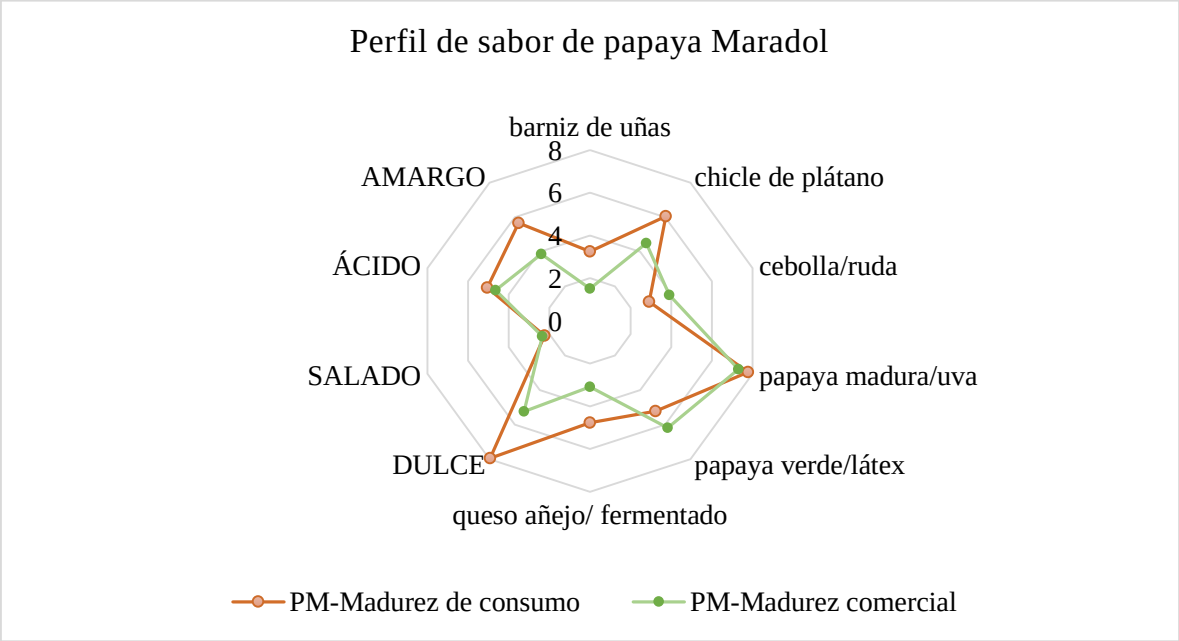
En la **Tabla 34** se presentan los resultados de las pruebas de intensidad de los atributos de textura para la variedad Maradol y la variedad A3. A través de un análisis de varianza de un factor se observó que no existen diferencias estadísticamente significativas en los atributos de textura entre frutos de papaya de diferentes variedades en el mismo grado de madurez, excepto en la jugosidad, siendo más jugosa la variedad Maradol que la variedad A3. Se llevaron a cabo 2 sesiones en las que participaron 9 jueces.

Tabla 34 Intensidad de los atributos de textura para variedad Maradol y A3

Variedad	**Firmeza (Mano)**	**Firmeza (boca)**	**Jugosidad (boca)**	**Cohesividad (boca)**	**Fibras (boca)**	**Grumos (boca)**
Maradol	8.5	5.3	9.3	9.1	3.2	5.1
A3	9.6	6.2	7.1	9.0	4.5	7.2
valor P	**(0.3100)**	**(0.4105)**	**(0.0286)**	**(0.8747)**	**(0.3064)**	**(0.0861)**

6.4.3. Perfil sensorial del sabor (variedad Maradol)

En este trabajo se consideró el sabor a la sumatoria de sensaciones gustativas, sensaciones olfativas producidas por los volátiles que se liberan en la boca y llegan al epitelio olfativo por la vía retronasal. El gusto dulce es un parámetro muy importante de calidad para los frutos, generalmente se asocia con el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa los cuales se utilizan normalmente como índice de madurez. En algunos frutos se sabe que la presencia de sacarosa se debe a la degradación de materiales de reserva como el almidón durante el proceso de maduración. En la **Gráfica 37** se reporta el perfil de sabor de la variedad Maradol en dos estados de madurez, comercial y de consumo.



Gráfica 37 Perfil descriptivo de sabor de frutos de papaya Maradol

Se hizo un análisis de varianza, para conocer si existen diferencias en la intensidad percibida de los 4 gustos así como los descriptores que conforman el aroma que, junto con el gusto, constituyen el sabor de los frutos en dos diferentes estados de madurez (**Tabla 35**). A través de un análisis de varianza de un solo factos (madurez) se observó que existen diferencias significativas en el gusto dulce y en el aroma de barniz de uñas, ya que estos tienen un aumento significativo en los frutos que presentan una madurez de consumo.

Tabla 35 Intensidad de los atributos de sabor para variedad Maradol

Variedad Maradol	Dulce	Salado	Ácido	Amargo	Barniz de uñas	Chicle de plátano	Cebolla/ ruda	Papaya Madura/ Uva	Papaya verde/ látex	Queso añejo /fermentado
Madurez comercial	5.3	2.4	4.6	3.8	1.5	4.5	3.9	7.3	6.2	3.1
Madurez de consumo	8.0	2.2	5.1	5.7	3.3	6.1	2.9	7.8	5.2	4.8
Valor P	**(0.007)**	**(0.974)**	**(0.699)**	**(0.158)**	**(0.044)**	**(0.215)**	**(0.396)**	**(0.744)**	**(0.707)**	**(0.198)**

Se observa que hay una tendencia en el aumento de la acidez de los frutos así como las notas de chicle de plátano, papaya madura y queso añejo fermentado y una tendencia a disminuir de las notas de papaya verde y cebolla/ ruda, pero no se observan diferencias significativas. Un motivo de esto puede ser que los frutos presentaban características físicas muy parecidas de acuerdo al estado de madurez. El estado de madurez de consumo se estableció por el contenido de sólidos solubles.

Se sabe que la papaya no acumula almidón durante su desarrollo, por lo que, después de la cosecha de los frutos y durante la maduración de estos, la acumulación de azúcares y el desarrollo del gusto dulce en los frutos de papaya no se encuentran bien establecidos (Gómez *et al.*, 2002). La papaya tiene un bajo contenido de almidón al momento de su cosecha por lo que se piensa que no es una fuente de carbono suficiente para incrementar el contenido de sacarosa y para producir el gusto dulce característico del fruto durante su consumo.

7 CONCLUSIONES

1. Se creó una metodología basada en métodos estandarizados para conformar un grupo de jueces sensoriales capaz de evaluar 25 variedades de papaya diferentes, en diferentes estados de madurez.

2. Se desarrolló un protocolo para evaluar sensorial e instrumentalmente frutos de papaya.

- Se desarrolló un **léxico de 24 descriptores** siguiendo los protocolos establecidos por normas internacionales: léxico **de olor de siete descriptores** (papaya madura/ uva, chicle de plátano, barniz de uñas, cebolla/ruda, papaya verde/ látex, queso añejo/ fermentado y piña/ uva), de **textura de cuatro atributos** (firmeza, cohesividad, jugosidad y consistencia, evaluados en boca y mano) y de **sabor de 13 descriptores** (papaya madura/ uva, chicle de plátano, barniz de uñas, cebolla/ruda, papaya verde/ látex, queso añejo/ fermentado, frutal, cítrico, mango, durazno, almendra así como la percepción del gusto dulce y amargo).

3. Se generaron datos físico químicos (°Bx, pH, acidez titulable, a_w, % de humedad, compuestos volátiles y para el análisis de perfil de textura) que parecen estar relacionados con las características sensoriales descritas por los jueces.

4. Se confirmó la hipótesis planteada ya que se generó información sobre las características finales perceptibles por el humano que permitirá conocer la calidad de los frutos de papaya desde el punto más importante que es el del consumidor.

5. Los resultados de mediciones fisico químicas y sensoriales reflejan fenómenos de maduración.

8 PERSPECTIVAS

- Continuar con la cuantificación de los C.V. para una correlación con las mediciones sensoriales y estadísticas.
- Realizar estudios con consumidores para conocer el nivel de agrado, preferencia y aceptación de las nuevas variedades.
- Considerar al trabajar con frutos, una muestra grande que refleje la variabilidad entre variedades.
- Utilizar los datos generados para llevar a cabo correlaciones físico-químicas, sensoriales y genéticas.

9 RECOMENDACIONES

Dentro de un proyecto cuyos resultados están enfocados en obtener parámetros importantes a través de la evaluación sensorial de frutos de papaya, la maduración de los frutos es un factor que siempre va en contra de las evaluaciones, se busca la repetibilidad entre sesiones y en las muestras, sin embargo debido a que es un fruto fresco, la muestra jamás es la misma durante todo el proyecto, por lo que se hacen las siguientes recomendaciones:

Para establecer el grado de madurez de los frutos, es necesario que en futuros trabajos utilicen varios parámetros, no solo el color, sino también el contenido de °Bx así como la textura del fruto, ya que en este trabajo se observó que el color de la cáscara solo sirve para conocer el momento adecuado de cosecha, pero no para saber cómo es el progreso de la madurez en el fruto.

También con contar con la información de los días que han transcurrido desde la cosecha de los frutos para conocer la vida post-cosecha de cada variedad.

Se recomienda a las empresas dedicadas a la producción de frutas y hortalizas estandarizar sus condiciones de transporte, principalmente la temperatura y humedad, ya que sin duda son características que afectan las características originales de los frutos percibidas sensorialmente las cuales podrían causar un sesgo en los resultados.

La disponibilidad de los frutos es otro parámetro importante, por lo que se propone establecer temporadas de cosecha ya que los frutos no son los mismos durante todo el año, tener lugares amplios para el almacenamiento de los frutos y una amplia variedad de frutos para realizar mediciones de diversos frutos de una misma variedad, para que sea representativo.

10 BIBLIOGRAFÍA

Alonso, MA (2011) Caracterización sensorial y fisicoquímica de manzanas reineta y pera conferencia, figuras de calidad en Castilla y León (tesis doctoral) Universidad de León, España.

Amri E y Mamboya F (2012) Papain, a plant enzyme of biological importance: a review. American Journal of Biochemistry and Biotechnology 8:2:99-104.

Antunes-Carvalho CF y Renner SS (2012) A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. Molecular Phylogenetics and Evolution 65:1 46-53.

Arango Laura (1999) El cultivo de la papaya en los llanos orientales de Colombia. Lito process. Villavicencio, Colombia 19-20.

Alcántara JA, Hernández E, y Ayvar S (2010) Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya (*Carica papaya L.*) de Tuxpan, Guerrero, México. Revista Venezolana Ciencia y Tecnología Alimentaria (1)035-046 pp.

Almora K, Pino JA, Hernández M, Duarte C, González J y Roncal E (2004) Evaluation of volatiles from ripening papaya (*Carica papaya* L., var. Maradol roja). Food Chemistry, 86(1):127–130.

Azevedo IG, Oliveira JG, da Silva MG, Pereira T, Corrêa SF, Vargas H, Façanha AR, (2008). P-type H+-ATPases activity, membrane integrity, and apoplastic pH during papaya fruit ripening. Postharvest Biol. Technol. 48, 242–247.

Baldwin EA, Scott JW,Shewmaker CK, Schuch W (2000).Flavor triviaandtomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. HortScience 35, 1013–1022.

Bapat, V.A., Trivedi, P.K., Ghosh, A., Sane, V.A., Ganapathi, T.R., Nath, P., 2010. Ripening

Baharuddin AR y Sharifudin MS (2015) The impact of geographical location on taste sensitivity and preference. International food research journal 22(2):731-738.

Barreto GPM, Fabi JP, De Rosso VV, Cordenunsi BR, Lajolo FM, do Nascimento JRO y Mercadante AZ, (2011) Influence of ethylene on carotenoid biosynthesis during papaya postharvesting ripening. Journal of Food Composition and Analysis. 24:4-5 620-624.

Belandria D, Velandria V y Navarro C (2010) Caracterización física, química y organoléptica de los frutos de lechosa (*Carica papaya L.)* en las variedades Tailandia y Maradol. Producción Agropecuaria /Agroalimentaria 3(1): pp 45-49 pp.

Boers HM, Seijen J, Hoorn Ten , Mela DJ (2015) A systematic review of the influence of rice characteristics and processing methods on postprandial glycaemic and insulinaemic responses, Br. J. Nutr. 114:1035-1045.

Blas AL, Ming R, Liu Z, Veatch OJ, Paull RE, Moore PH *et al.*, (2010) Cloning of the papaya chromoplast-specific lycopene B-cyclase, CpCYC-b, controlling fruit flesh color reveals conserved microsynteny and a recombination hot spot. Plant physiology. 154(4):2013-2022.

Cajamar. Fichas de transferencia Parámetros de calidad externa en laindustria agroalimentaria (2014).

Carpita NC, Gibeaut DM (1993) Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. PlantJ 3:1-30.

Cuba-MINAG. Manual Técnico de la papaya Maradol Roja. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad de la Habana, 2003. 22 pp.

Cultivo de lechosa, Fundación de Desarrollo Agropecuario, Guía técnica No14, Segunda Edición. Santo Domingo, República Dominicana 1998.

Cirsosto CH (1994) Optimum procedures for ripening Stone fruit. Managment of ripening fruit 24-25.

Defilippi BG, Manriquez D, Luengwilai K y González-Agüero M (2009) Aroma Volatiles: Biosynthesis and mechanisms of modulation during fruit ripening. El Sevier 50:1-37.

Drewnowski A. (1997) Taste preferences and food intake. Annu Rev Nutr 17:237-253.

Drewnoski A. y Gómez-Carneros C. (2000) Bitter taste, phytonutrients and the consumer: a review. The American Journal of Clinical Nutrition 72:1424-35-

Dumville JC y Fry SC (2003) Solubilisation of tomato fruit pectins by ascorbate: a possible non-enzymic mechanism of fruit softening. Planta 217:951–961.

El comercio, “3 variedades de papaya se consumen” (en línea http://www.elcomercio.com/agromar/.html)

Esquivel MA, Quintana YT, Ramírez RR, Armenteros EF, Gónzález MA y Martínez DR (2008) Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. Agric Tec Mex 34:3.

Fabi JP, Cordenunsi BR, Barreto GPM, Mercadante AZ, Lajolo FM, Nascimento JRO (2007) Papaya Fruit Ripening: Response to Ethylene and 1-Methylcyclopropene (1-MCP) J.Agric. Food Chem. 55:6118-6123.

Fabi JP, Lajolo FM, y Nascimento JRO (2009). Cloning and characterization of transcripts differentially expressed in the pulp of ripening papaya. Scientia Horticulturae, 121, 159−165.

FAO. 2006. The Impact of Post-Harvest Handling Losses http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/227/en/postharvest_web.pdf [22 March 2013].

Farhan S, Muhammad UA, Imran P, Rabia N, Rizwana B, Ammar AK, Muhammad AN y Bilal S (2014) Nutritional and phytotherapeutic potencial of papaya (*Carica papaya Linn*) An overview, International Journal of Food properties 17:(7)1637-1653.

FAOSTAT (2009) Estadísticas de producción y consumo mundial de frutas y hortalizas, 2009.

FAOSTAT. 2012a. *Crop Production*. http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor

Fereres A. y Moreno A (2009): Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. Virus Res. 141: 158-168.

Ferraguetti GA (2003) CALIMAN 01–O primeio híbrido de mamão mamão Formosa Brasileiro. *In*: Martins D dos S (eds). Papaya Brasil: qualidade do mamão para mercado interno. Vitoria, ES: Incaper, 211-218p.

Ferratto J. (2003) Importancia de la gestión de la calidad en frutas y hortalizas, situación y perspectivas. FIAR. Rosario.

Flath RA y Forrey RR (1977) Volatile components of papaya (*Carica papaya L.,* Solo variety). Journal of Agricultural and Food Chemistry 25(1):103–109.

Fry SC, Dumville JC, Miller JG (2001) Fingerprinting of polysaccharides attacked by hydroxyl radicals in vitro and in the cell walls of ripening pear fruit. Biochem. J. 357:729-737.

Fuggate P, Wongs-Aree C, Noichinda S, Kanlayanarat S (2010) Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk-Mai Lie' papaya during fruit ripening. Sci. Hortic. 126:120–129.

G de Oliveira J, Vitória Pierre A (2011) Papaya: Nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. Food Research International 44: 1306-1313.

Goodwin TW (1980) The biochemistry of the carotenoids. Volume I Plants. 2a Ed. Chapman and Hall, New York, NY, USA, p 377.

Glanz K, Basil M, Maibach E, Goldberg J, Snyder D. (1998) Why Americans eat what they do: taste, nutrition, cost, convenience and weight control concerns as influences on food consumption. J Am Diet Assoc 98:1118–26.

Glendenning JI (1994) Is the bitter rejection response always adaptive? Physiol Behavior 56:1217–27.

Grandéz GG (2008) Evaluación sensorial y fisicoquímica de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones. Tesis doctoral. Universidad de Piura, Perú.

Guzmán AG (1998) "Guía para el cultivo de papaya" Norma de Calidad para diecinueve Productos Agrícolas.

Hernández R (2009) Estudio sobre el Virus de la Mancha Anular de la Fruta bomba (*Carica papaya L.*), señalización de vectores, control e integración con otras medidas fitosanitarias. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas 113 pp.

Hladik CM, Simmen B (1996) Taste perception and feeding behavior in nonhuman primates and human populations. Evol Anthropol 5:58–71.

Holt SHA, Cobiac L, Beaumont-Smith Easton K. and Bestand DJ (2000) Dietary habits and the perception and liking of sweetness among Australian and Malaysian students: a cross-cultural study. Journal of Food Quality and Preference 11: 299-312.

Howitt CA y Pogson BJ (2006) Carotenoid acumulation and funtion in seeds and non-green tissues. Plant cell and environment 29:435-445.

Huffman MA (2003) Animal self-medication and ethno-medicine: exploration and exploitation of the medicinal properties of plants, Proc. Nutr. Soc. 62:371-381.

Jirovetz L, Buchbauer G, y Shahabi M (2003) Aroma compounds of mango and papaya from Cameroon. Perfumer and Flavorist, 28(3):40–52.

Kader AA (1992) “Postharvest Technology of Horticultural Crops” 296 pp.

Kader AA (2001) “Quality assurance of harvested horticultural perishables” Acta Horticulturae 553.

Kelebek H, Selli S, Gubbuk H y Gunes E (2015) Comparative evaluation of volatiles, phenolics, sugars, organic acids and antioxidant properties of Sel-42 and Tainung papaya varieties. Food Chemistry 173:912–919.

Klee HJ (2010) Improving the favor of the fresh fruits: genomic, biochemistry and biotechnology. New Phytologist 187:54-56.

Laing DG, Prescott J, Bell GA, Gillmore R, Allen S, Best DJ, Yoshida M, Yamazaki K y Ishii- Mathews R (1994) Responses of Japanese And Australians to sweetness in the context of different foods. Journal of Sensory Studies 9:131-155.

Lawless HT (1999) Descriptive analysis of complex odors: reality, model or illusion?. Food quality and preference 10:325-332.

Leonardos G, Kendall D y Barnard N (1969) Odor Threshold Determinations of 53 Odorant Chemicals. Journal of the Air Pollution Control Association. 19:2 91-95.

Likens S; Nickerson G (1964) Proc. Am. Soc. Brew. Chem 5: 13-16.

MacLeod AJ, y Pieris NM (1983) Volatile components of papaya (*Carica papaya L.*) with particular reference to glucosinolate products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 31, 1005–1008.

Mathieu S, Dal Cin SV, Fei Z, Li H, Bliss P,Taylor MG, Klee HJ y Tieman DM (2009) Flavour compounds in tomato fruits: identification of loci and potential pathways affecting volatile composition. Journal of Experimental Botany 40:325-337.

Mélo EA, de Lima Arroxelas Galvão VL y Maciel-Sucupira MI (2006) Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. Braz. J. Food Technol. 9:89–94.

Tecson Mendoza EM, Laurena AC, Botella JR (2008) Recents advances in the development of transgenic papaya technology. Biotechnol Annu Rev 14:423–62.

Mirafuentes HF (1997) Manual para producir papaya en Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo. Folleto para Productores No. 9. División Agrícola. INIFAP CIRGOC. Huimanguillo, Tabasco, México. 24 pp.

Mishra M, Chandra R, y Saxena S (2007) “Papaya,” in Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Fruits and Nuts, C. Kole. Springer, New York, USA, 4(19) 343-351pp

Mithen RF, Dekker M, Verkerk R, Rabot S (2000) The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. Journal of the Science of Food and Agriculture 80:967-984.

Nisar N, Li L, Lu S, Khin NC y Pogson BJ (2015) Carotenoid Metabolism in Plants. Plant Metabolism and Synthetic Biology. 8(1):68-82.

O’Hare T, Wong L, Williams DJ, Pun S, (2008) Pawpaw (Carica papaya) as a source of glucotropaeolin and its active derivative, benzyl isothiocyanate. In: Proceedings of the Tropical Fruits in Human Nutrition and Health Conference, Queensland, Australia, pp. 197–201.

Paull R, Gross k Y Qiu y (1999) Changes in papaya cell walls during fruit ripening. Postharvest biology and Technology. 16(1) 79-89.

Paull RE, Irikura B, Wu P, Turano H, Chen NJ, Blas A, Fellman JK, Gschwend AR, Wai CM, Yu Q, Presting G, Alam M, Ming R (2008) Fruit development, ripening, and quality related genes in the papaya genome. Trop. Plant Biol. 1:246–277.

Parrilla Corza P. (2002) A través de los sentidos. Énfasis Alimentación Latinoamerica 8:3.

Pereira GM, Marin LSD; Martelleto PLA, Ide DC, Martins PS y Pereira STN (2002). Melhoramento genético do mamoeiro *(Carica papaya* L.): comportamento de híbridos no norte do Estado do Río de Janeiro. *In:* XVIII Congreso Brasileiro de Fruticultura: tecnología, competitividade, sustentabilidade. Sta Catarina, Brasil.

Pérez, LF. y González G (2007): Enfermedades del papayo: Descripción, epidemiología y manejo. Ed. Científico-Técnica, La Habana, Cuba, p. 52.

Picallo A (2002) El análisis sensorial como herramienta de calidad carne y productos cárnicos de cerdo. Jornadas Regionales de Actualización en el Sector Lácteo y Porcino.Tandil, Argentina.

Pino AJ (2014) Odour-active compounds in papaya fruit cv. Red maradol. Food chemistry 146:120-126.

Purwoko, B.S., Susanto, S., Novita, T., 2002. Studies on the physiology of polyamines and ethylene during ripening of banana and papaya fruits. Acta Hortic. 575, 651–657.

Prescott J, Bell GA, Gillmore R, Yoshida M, O'sullivan M, Korac S, Allena S, y Yamazaki K (1997) Cross-cultural comparison of Japanese and Australians responses to manipulations of sweetness in foods. Journal of Food Quality and Preference 8:45-55.

Propiedades funcionales de la papaya 2011. (http://www.lapapaya.info/cat/la-papaya/1)

Prussia SE, Shewfelt RL (1993) "Systems approach to postharvest handling" In: Shewfelt RL; Prussia SE (Eds) Postharvest Handling: A System Approach. Academic Press, San Diego, pp 43-71.

Ramirez I (1990) Why do sugars taste good? Neurosci. Biobehav. Rev. 14:125-134.

Rodriguez A, Rodriguez A;, Ricardo S (1966) La fruta bomba Maradol, 1ra Conferencia Nacional Fruticultores. La habana Cuba.

Rozin, P (1996) The socio-cultural context of eating and food choice. In Meiselman, H.L. and Macfie, H.J.H. Food Choice, Acceptance and Consumption, p. 83- 102. London: Blackie Academic and Professional.

Ruiz Y, Pino J y Quijano C (2011) Análisis de los compuestos volátiles de la ciruela amarilla (*Prunus domestica L. ssp. doméstica*).Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2(1):041-048.

Rouseff RL (1990) Bitterness in food products: an overview ed. Bitterness in foods and beverages. Developments in food science. Vol 25:1-14.

Rosales CK, Suwonsichon S. (2015) Sensory Lexicon of Pomelo Fruit over Various Cultivars and Fresh-Cut Storage. Journal of Sensory Studies 30(1) 21–32.

Santamaría F, Díaz R, Sauri E, Espadas F, SantamaríaJ y Larqué A (2009) Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. Redalyc. 35:1 347-353.

Sasikala C, Venkalalaksh MIR, Parameshwar K, Mahesh Kvmar K, Madhudshanachetty C (2009) Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Carica papaya L*.

Schwartz S, Qin X y Zeevaart J (2001) Characterization of a novel carotenoid cleavage dioxygenase. J Biol Chem 276(27): 25208-25211.

Schweiggert RM, Kopec RE, Villalobos-Gutierrez MG *et al.,* (2014) "Carotenoids are more bioavailable from papaya than from tomato and carrot in humans: a randomised cross-over study," British Journal of Nutrition 111:3:490-498.

Schweiggert RM; Steingass CB; Esquivel P y Carle R (2012) Chemical and morphological characterization of Costa Rican papaya (Carica papaya L.) hybrids and lines with particular focus on their genuine carotenoid profiles. Agricultural Food Chemistry.

Schweiggert RM; Steingass CB; Heller A; Esquivel P y Carle R (2011) Characterization of chromoplasts and carotenoids of red and yellow fleshed papaya (Carica papaya L.) Planta 234:1031–1044.

Schweiggert RM; Steingass CB; Mora E; Esquivel P y Carle R (2011) Carotenogenesis and physico-chemical characteristics during maturation of red fleshed papaya fruit (*Carica papaya L.*). Food Res. 44:1373–1380.

Shewfelt RL (1999) "What is quality? Postharvest Biology and Technology" 15:197-200.

SIAP, 2009.

Sinding C, Courreaud G, Chabanet C *et al.,* (2014) Chapter 5 Perceptual interactions in complex odor mixtures: The blending effect. Flavour Science: Proceedings from XIII weurman flavor research symposium. 27-31.

Sivakumar D y Wall M (2013) Papaya Fruit Management during the Postharvest supply Chain. Food Reviews International. 24(1) :24-48.

Sun-Man Lee, Kyoung-Taek Lee, Seong-Hyun Lee y Jang-Kun Song (2013) Origin of human colour preference for food. Journal of Food Engineering 119(3) 508-515.

Sugimoto N, Park S, van Nocker S, Beaudry RM, (2008). Gene expression associated with apple aroma biosynthesis. Acta Hort. 768, 57–64.

Suwonsichon S, Chambers E, Kongpensook V, Oupadissakoon C (2012) Sensory Lexicon for Mango as affected by cultivars and stages of ripeness. Journal of sensory studies 27(3):148–160.

Szczesniak A (2002) Texture is a sensory property. Food quality and preference. 13(4) 215-225.

Tang, CS (1971) Benzyl isothiocyanate of papaya fruit. Phytochemistry 10, 117– 121

Tecnología para la producción de semillas de Fruta bomba. Ministerio de la agricultura, empresa de Producción de Semillas Varias. La Habana, Cuba 1966.

Torres R (1985) Fruticultura Tropical, Federación Nacional de Cafeteron de Colombia. Ibague, Colombia 295-299.

Tieman MD, Zeigle M, Schmelz G y Taylor P (2006) Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. Journal of Experimental Botany 57:887-896.

Tucker GA (1993) Fruit ripening. In The biochemistry of fruit ripening; Seymour GB, Taylor JE, TuckerGA, Eds. Chapman&Hall: London pp 1-51.

Urdapilleta I, Giboreau A, Maneta C, Houix O y Richard JF (2006) The mental context for the description of odors: a semantic space. European review of apllied psychology 56(4):261-271.

Velázquez Beltrán MR (1983) El cultivo de papaya (*Carica papaya L.*) y su importancia económica. Guatemala DIGESA p 4-17.

Von Lintig J y Vogt K (2000) Filling the Gap in Vitamin A Research. Molecular identification of an enzyme cleaving b-carotene to retinal. J Biol Chem 275(16): 11915-11920.

White JW (2002) Recent Advance in fruit development and ripening: an overview. Journal of Experimental Botany 53:1995-200.

Zapata Manuel (1996) Nuevas Tecnologías de conservación de frutas y hortalizas: Atmósferas Modificadas. Ed. Mundi-Prensa. 220 p.

11 ANEXOS

MEDICIONES FISICOQUÍMICAS

°Brix de 24 variedades diferentes de papaya durante 10 muestreos

Variedad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7	Muestreo 8	Muestreo 9	Muestreo 10
A1	8.8 ± 0.59	11.1 ± 1.0	11.1 ± 0.8	10.1 ± 0.6	--	--	--	--	--	--
A2	14.6 ± 0.47	12.2 ± 0.5	11.7 ± 1.3	--	--	--	--	--	--	--
A3	10.7 ± 0.44	12.3 ± 0.4	10.9 ± 0.9	9.2 ± 1.5	11.5 ± 0.7	--	--	--	--	--
A4	10.3 ± 0.68	11.7 ± 0.6	10.5 ± 0.6	11.3 ± 0.6	11.0 ± 0.3	--	--	--	--	--
A5	8.9 ± 0.78	10.1 ± 1.0	10.0 ± 0.6	--	--	--	--	--	--	--
A6	8.5 ± 0.28	9.7 ± 0.4	8.5 ± 0.3	8.1 ± 0.7	--	--	--	--	--	--
A7	10.1 ± 0.65	9.8 ± 1.1	8.2 ± 1.6	9.1 ± 1.1	--	--	--	--	--	--
A8	10.2 ± 0.33	9.7 ± 0.7	9.3 ± 0.5	--	--	--	--	--	--	--
A9	9.2 ± 0.36	10.0 ± 0.2	9.6 ± 0.7	9.3 ± 0.4	--	--	--	--	--	--
A10	9.9 ± 1.16	9.3 ± 0.6	8.9 ± 1.4	9.3 ± 0.5	10.6 ± 0.7	--	--	--	--	--
A11	7.0 ± 0.2	7.0 ± 0.21	6.0 ± 0.1	7.2 ± 0.14	7.6 ± 0.0	--	--	--	--	--
A12	7.9 ± 0.0	7.5 ± 0.1	7.8 ± 0.21	7.0± 0.1	6.5 ± 0.1	6.4 ± 0.07	6.9 ± 0.4	8.9 ± 0.1	--	--
A13	9.2 ± 0.07	9.3 ± 0.0	7.4 ± 0.0	6.5 ± 0.1	--	--	--	--	--	--
A14	8.5 ± 0.14	8.7 ± 0.1	8.5 ± 0.14	7.2 ± 0.1	7.8 ± 0.1	7.5 ± 0.14	8.8 ± 0.3	--	--	--
A15	8.2 ± 0.21	8.6 ± 0.07	7.0 ± 0.1	6.8 ± 0.07	8.5 ± 0.1	7.3 ± 0.2	--	--	--	--
A16	6.5 ± 0.1	9.1 ± 0.2	8.8 ± 0.1	9.5 ± 0.4	--	--	--	--	--	--
A17	8.4 ± 0.14	9.0 ± 0.0	8.6 ± 0.21	6.7 ± 0.1	9.9 ± 0.21	7.2 ± 0.1	6.5 ± 0.1	8.8 ± 0.7	8.5 ± 0.1	6.4 ± 0.2
A18	8.1 ± 0.28	7.4 ± 0.01	7.4 ± 0.0	7.4 ± 0.0	7.9 ± 0.9	7.5 ± 0.2	8.6 ± 0.2	--	--	--

A19	8.2 ± 0.35	8.9 ± 0.1	8.4 ± 0.14	6.1 ± 0.1	6.8 ± 0.14	7.2 ± 0.14	7.4 ± 0.1	7.9 ± 0.2	7.8 ± 0.2	7.3 ± 0.2
A20	6.6 ± 0.1	6.8 ± 0.06	7.6 ± 0.1	6.2 ± 0.1	7.9 ± 0.1	7.4 ± 0.1	7.4 ± 0.4	--	--	--
G260	10.6 ± 0.8	10.8 ± 0.5	9.7 ± 0.4	--	--	--	--	--	--	--
G279	9.9 ± 0.5	11.9 ± 0.2	11.7 ± 0.3	12.7 ± 0.2	--	--	--	--	--	--
Royal	9.5 ± 1.47	10.2 ± 0.7	10.9 ± 0.7	10.1 ± 0.8	--	--	--	--	--	--
Sensación	9.2 ± 0.27	10.8 ± 0.9	11.1 ± 0.7	10.9 ± 1.1	--	--	--	--	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

- **<u>Acidez titulable (% de ácido cítrico por 100g de pulpa) de 24 variedades diferentes de papaya durante 10 muestreos</u>**

Variedad	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**	**Muestreo 4**	**Muestreo 5**	**Muestreo 6**	**Muestreo 7**	**Muestreo 8**	**Muestreo 9**	**Muestreo 10**
	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico	ácido cítrico
A1	0.036±0.02	0.033±0.01	0.97±0.12	--	--	--	--	--	--	--
A2	0.052±0.00	0.06±0.02	--	--	--	--	--	--	--	--
A3	0.035±0.00	0.038±0.01	0.041±0.01	0.044±0.00	--	--	--	--	--	--
A4	0.05±0.00	0.052±0.01	0.066±0.01	0.058±0.00	--	--	--	--	--	--
A5	0.036±0.00	0.049±0.01	--	--	--	--	--	--	--	--
A6	0.043±0.00	0.043±0.02	0.045±0.01	--	--	--	--	--	--	--
A7	0.044±0.01	0.035±0.01	0.039±0.00	--	--	--	--	--	--	--
A8	0.037±0.01	0.0.4±0.01	--	--	--	--	--	--	--	--
A9	0.036±0.00	0.029±0.01	0.036±0.00	--	--	--	--	--	--	--
A10	0.034±0.00	0.026±0.01	0.029±0.00	0.031±0.00	--	--	--	--	--	--
A11	1.18±0.04	0.846±0.0	0.604±0.09	0.695±0.04	0.846±0.00	--	--	--	--	--
A12	0.936±0.04	1.087±0.09	1.148±0.26	1.027±0.0	0.785±0.00	0.906±0.00	0.755±0.04	0.785±0.51	--	--
A13	0.815±0.13	0.876±0.04	0.876±0.13	0.755±0.04	--	--	--	--	--	--
A14	0.815±0.04	1.147±0.15	0.936±0.21	0.986±0.21	0.906±0.09	0.755±0.04	0.695±0.09	--	--	--
A15	1.24±0.04	1.057±0.04	0.936±0.04	0.664±0.00	1.027±0.00	0.815±0.04	--	--	--	--
A16	0.544±0.0	0.725±0.0	0.725±0.00	0.755±0.04	--	--	--	--	--	--
A17	1.15±0.0	1.238±0.21	0.996±0.04	0.967±0.00	0.846 ±0.0	0.740±0.07	0.725±0.09	0.966±0.17	0.861±0.11	0.664±0.09
A18	0.695±0.04	0.634±0.04	0.755±0.04	0.634±0.04	0.605±0.04	0.6±0.09	0.846±0.00	--	--	--

A19	0.906±0.09	0.906±0.09	0.785±0.00	0.876±0.04	0.695±0.04	0.785±0.00	0.634±0.04	0.590±0.02	0.755±0.04	0.604±0.00
A20	1.09±0.0	0.785±0.26	1.057±0.04	0.75±0.04	0.831±0.02	0.604±0.09	0.815±0.04	--	--	--
G260	0.061±0.0	0.053±0.03	0.054±0.01	--	--	--	--	--	--	--
G279	0.071±0.01	0.073±0.01	0.074±0.01	0.0.88±0.01	--	--	--	--	--	--
Royal	0.026±0.01	0.026±0.0	0.023±0.01	0.02±0.002	--	--	--	--	--	--
Sensación	0.076±0.0	0.063±0.01	0.065±0.00	0.058±0.00	--	--	--	--	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

- **<u>Acidez titulable (% de ácido málico por 100g de pulpa) de 24 variedades diferentes de papaya durante 10 muestreos</u>**

Variedad	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**	**Muestreo 4**	**Muestreo 5**	**Muestreo 6**	**Muestreo 7**	**Muestreo 8**	**Muestreo 9**	**Muestreo 10**
	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico	ácido málico
A1	0.038±0.02	0.035±0.01	0.048±0.00	--	--	--	--	--	--	--
A2	0.055±0.00	0.064±0.02	--	--	--	--	--	--	--	--
A3	0.037±0.01	0.04±0.01	0.042±0.01	0.047±0.00	--	--	--	--	--	--
A4	0.05±0.10	0.054±0.02	0.058±0.01	0.061±0.00	--	--	--	--	--	--
A5	0.038±0.00	0.052±0.01	--	--	--	--	--	--	--	--
A6	0.045±0.01	0.045±0.02	0.047±0.01	--	--	--	--	--	--	--
A7	0.047±0.01	0.037±0.01	0.04±0.00	--	--	--	--	--	--	--
A8	0.039±0.01	0.042±0.01	--	--	--	--	--	--	--	--

A9	0.038±0.01	0.03±0.01	0.037±0.00	--	--	--	--	--	--	--
A10	0.035±0.00	0.027±0.01	0.031±0.00	0.032±0.00	--	--	--	--	--	--
A11	1.94±0.05	1.409±0.0	0.968±0.09	1.168±0.05	0.939±0.00	--	--	--	--	--
A12	1.55±0.05	1.776±0.09	1.807±0.28	1.709±0.00	1.305±0.00	1,512±0.00	1.235±0.05	1.504±0.57	--	--
A13	1.41±0.14	1.442±0.05	1.505±0.14	0.836±0.05	--	--	--	--	--	--
A14	1.38±0.05	1.979±0.19	1.473±0.24	1.542±0.24	1.539±0.09	1.272±0.05	0.770±0.10	--	--	--
A15	2.04±0.05	1.779±0.05	1.572±0.05	1.108±0.00	1.709±0.00	0.906±0.05	--	--	--	--
A16	0.602±0.0	0.802±0.00	0.802±0.00	0.837±0.05	--	--	--	--	--	--
A17	1.91±0.0	1.980±0.24	1.676±0.05	1.606±0.00	1.409±0.0	1.055±0.07	0.804±0.09	1.074±0.19	0.954±0.12	0.735±0.09
A18	1.14±0.05	1.075±0.05	0.836±0.05	0.705±0.05	0.672±0.05	0.735±0.09	0.939±0.00	--	--	--
A19	1.54±0.09	1.539±0.09	1.305±0.00	1.442±0.05	1.42±0.05	1.305±0.00	1.038±0.05	0.988±0.03	0.837±0.05	0.67±0.00
A20	1.81±0.0	1.405±0.28	1,303±0.05	0.837±0.05	0.923±0.03	0.668±0.09	0.906±0.05	--	--	--
G260	0.063±0.0	0.055±0.0	0.056±0.01	--	--	--	--	--	--	--
G279	0.074±0.01	0.076±0.01	0.078±0.01	0.092±0.01	--	--	--	--	--	--
Royal	0.027±0.01	0.027±0.0	0.025±0.01	0.021±0.00	--	--	--	--	--	--
Sensación	0.079±0.00	0.066±0.01	0.067±0.00	0.052±0.01	--	--	--	--	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

- **<u>pH de 24 variedades diferentes de papaya durante 10 muestreos</u>**

Variedad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7	Muestreo 8	Muestreo 9	Muestreo 10
A1	5.63±0.13	6.01±0.24	5.55± 0.07	--	--	--	--	--	--	--
A2	5.35±0.13	5.21±0.28	--	--	--	--	--	--	--	--
A3	5.34±0.17	4.92±0.18	5.16±0.38	4.95±0.37	--	--	--	--	--	--
A4	5.11±0.12	4.94±0.18	4.89±0.08	4.88±0.16	--	--	--	--	--	--
A5	5.33±0.08	5.26±0.29	--	--	--	--	--	--	--	--
A6	5.68±0.09	5.69±0.23	5.58±0.05	--	--	--	--	--	--	--
A7	5.48±0.14	5.34±0.10	5.58±0.13	--	--	--	--	--	--	--
A8	5.66±0.03	5.36±0.07	--	--	--	--	--	--	--	--
A9	5.55±0.16	5.56±0.16	5.37±0.14	--	--	--	--	--	--	--
A10	5.49±0.03	5.55±0.25	5.40±0.15	5.65±0.05	--	--	--	--	--	--
A11	5.5±0.03	5.7±0.08	5.7±0.03	5.8±0.02	5.8 ± 0.00	--	--	--	--	--
A12	5.6±0.01	5.4±0.04	5.4±0.02	5.4±0.007	5.5 ± 0.01	5.6±0.03	5.5±0.001	5.4±0.02	--	--
A13	5.4±0.01	5.5±0.01	5.4±0.04	5.5±0.08	--	--	--	--	--	--
A14	5.6±0.01	5.4±0.01	5.6±0.001	5.8±0.03	5.6 ± 0.01	5.8±0.03	5.7±0.01	--	--	--
A15	5.5±0.03	5.4±0.01	5.5±0.01	5.7±0.03	5.6 ± 0.03	5.9±0.01	--	--	--	--
A16	5.8±0.01	5.8±0.01	5.9±0.04	6.1±0.05	--	--	--	--	--	--
A17	5.3±0.07	5.2±0.04	5.4±0.04	5.4±0.007	5.4 ± 0.01	5.5±0.06	5.7±0.01	5.5±0.02	5.7±0.07	5.7±0.01
A18	5.5±0.01	5.8±0.01	5.6±0.01	5.8±0.007	5.8 ± 0.03	5.8±0.01	5.9±0.06	--	--	--
A19	5.4±0.01	5.4±0.01	5.5±0.06	5.4±0.007	5.6 ± 0.04	5.5±0.001	5.7±0.01	5.8±0.06	5.5±0.02	5.9±0.007
A20	5.4±0.04	5.7±0.06	5.4±0.02	5.7±0.01	5.8 ± 0.05	5.9±0.1	5.7±0.01	--	--	--
G260	5.20±0.04	5.91±0.27	5.54±0.06	--	--	--	--	--	--	--
G279	5.06±0.11	5.09±0.08	5.10±0.07	4.96±0.10	--	--	--	--	--	--
Royal	5.84 ±0.15	5.92±0.12	5.89±0.12	6.01±0.08	--	--	--	--	--	--
Sensación	5.35 ±0.25	5.30 ±0.12	5.38±0.15	5.67±0.05	--	--	--	--	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

- **<u>% Humedad de 24 variedades diferentes de papaya durante 10 muestreos</u>**

Variedad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7	Muestreo 8	Muestreo 9	Muestreo 10
A1	89.03±0.8	86.55±5.33	88.22±1.07	--	--	--	--	--	--	--
A2	84.32±0.4	85.80±0.64	--	--	--	--	--	--	--	--
A3	87.13±0.7	87.23±2.30	87.62±1.71	86.55±1.13	--	--	--	--	--	--
A4	86.50±1.4	87.35±0.92	84.13±3.02	92.88±7.18	--	--	--	--	--	--
A5	89.90±0.6	87.93±0.18	--	--	--	--	--	--	--	--
A6	88.53±1.3	89.03±1.24	89.37±1.28	--	--	--	--	--	--	--
A7	88.30±1.0	88.90±0.07	89.38±0.93	--	--	--	--	--	--	--
A8	89.07±1.0	90.60±1.13	--	--	--	--	--	--	--	--
A9	89.62±1.0	90.25±0.35	92.07±5.57	--	--	--	--	--	--	--
A10	88.00±0.9	90.35±1.77	89.50±0.61	89.08±1.10	--	--	--	--	--	--
A11	90.22±0.2	90.55± 02	90.62±1.10	90.68±0.44	90.51±0.28	--	--	--	--	--
A12	87.27±0.5	89.18±0.11	89.24±0.71	88.62±0.35	90.95±0.14	90.95±0.04	90.15±0.14	88.43±0.26	--	--
A13	90.32±1.2	89.65±0.14	89.15±0.40	91.43±0.16	--	--	--	--	--	--
A14	91.20±1.3	88.92±0.15	87.55±0.74	90.88±0.02	88.55±0.25	90.66±0.45	90.81±0.12	--	--	--
A15	90.70±1.2	89.21±0.04	88.56±0.25	90.64±0.13	89.25±0.33	90.54±0.37	--	--	--	--
A16	90.64±0.6	87.65±0.14	90.20±0.02	89.37±0.04	--	--	--	--	--	--
A17	88.85±0.1	88.45±0.22	87.88±0.67	90.21±0.39	89.14±0.29	91.05±0.16	91.76±0.03	89.42±0.18	90.85±0.025	91.46±0.33
A18	90.65±0.2	89.12±0.32	91.32±0.75	92.22±0.14	90.55±0.31	89.55±0.14	90.74±0.32	--	--	--
A19	88.55±0.4	88.23±0.21	88.30±0.42	89.05±0.14	88.65±0.21	89.62±0.06	88.95±0.18	89.53±0.0	89.24±0.08	90.65±0.31
A20	89.62±0.2	90.02±0.13	88.62±0.25	91.50±0.05	89.55±0.04	91.42±0.07	91.85±0.13	--	--	--
G260	89.63±0.9	87.19±2.48	89.72±0.21	--	--	--	--	--	--	--
G279	89.59±0.7	86.61±0.55	86.57±1.03	86.66±1.10	--	--	--	--	--	--
Royal	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sensación	88.72±0.4	88.23±1.4	87.56±0.7	87.88±1.0	--	--	--	--	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

- **Actividad de agua (a_w) de 24 variedades diferentes de papaya durante 10 muestreos**

Variedad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6
A1	0.9872±0.001	0.9854±0.0013	0.9856±0.0013	--	--	--
A2	0.9819±0.001	0.9838±0.0009	--	--	--	--
A3	0.9856±0.002	0.9851±0.0019	0.9868±0.0020	0.9854±0.0011	--	--
A4	0.9855±0.002	0.9853±0.0014	0.9856±0.0012	0.9880±0.0015	--	--
A5	0.9888±0.002	0.9866±0.0008	--	--	--	--
A6	0.9881±0.002	0.9879±0.0007	0.9879±0.0009	--	--	--
A7	0.9867±0.002	0.9876±0.0008	0.9886±0.0015	--	--	--
A8	0.9870±0.002	0.9872±0.0013	--	--	--	--
A9	0.9869±0.001	0.9876±0.0008	0.9885±0.0020	--	--	--
A10	0.9866±0.002	0.9875±0.0007	0.9871±0.0014	0.9868±0.0019	--	--
A11	0.998±0.006	0.9911±0.0004	0.9916±0.002	0.9908±0.0003	0.9899±0.0004	--
A12	0.995±0.006	0.9909±0.0007	0.9912±0.0005	0.9911±0.0005	0.9998±0.0003	0.9916±0.0006
A13	0.9906±0.001	0.998±0.0006	0.9923±0.0011	0.8939±0.0012	--	--
A14	0.999±0.0004	0.9914±0.0012	0.9999±0.0008	0.9888±0.0025	0.9867±0.002	0.9903±0.0004
A15	0.999±0.001	0.9905±0.0013	0.9849±0.00	0.9906±0.0003	0.9404±0.0004	0.9901 ±0.0001
A16	0.9924±0.001	0.9876±0.0006	0.9884±0.0006	0.9886±0.0002	--	--
A17	0.9983±0.001	0.9914±0.0011	0.9907±0.0017	0.9913±0.0006	0.9897±0.0009	0.9410±0.0001
A18	0.9892±0.001	0.9901±0.00	0.9884±0.0012	0.991±0.0004	0.991±0.0006	0.9901±0.0004
A19	0.9998±0.001	0.9922±0.0018	0.9899±0.0011	0.9912±0.0009	0.9998±0.0005	0.9916±0.0013
A20	0.9907±0.0001	0.9888±0.001	0.9892±0.0006	0.9916±0.0007	0.9903±0.0007	0.9929±0.0004
G260	0.9854±0.001	0.9868±0.0048	0.9844±0.0020	--	--	--
G279	0.9844±0.003	0.9848±0.0015	0.9828±0.0013	0.9834±0.0012	--	--
Royal	0.9869±0.001	0.9871±0.0003	0.9880±0.0008	0.9871±0.0011	--	--
Sensación	0.994±0.002	0.992±0.003	0.991±0.001	0.991±0.003	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

Variedad	Muestreo 7	Muestreo 8	Muestreo 9	Muestreo 10
A12	0.9912 ±0.0	0.9890 ±0.0013	--	--
A14	0.9908±0.0007	--	--	--
A15	--	--	--	--
A17	0.9919 ±0.0007	0.99 ±0.0008	0.9915 ±0.0002	0.9909 ±0.0008
A18	0.9901±0.0008	--	--	--
A19	0.9879 ±0.001	0.9890±0.0006	0.9884 ±0.0001	0.9924 ±0.0008
A20	0.9920 ±0.0002	--	--	--

(Promedio ± Desviación estándar n=4)

- **Compuestos volátiles**

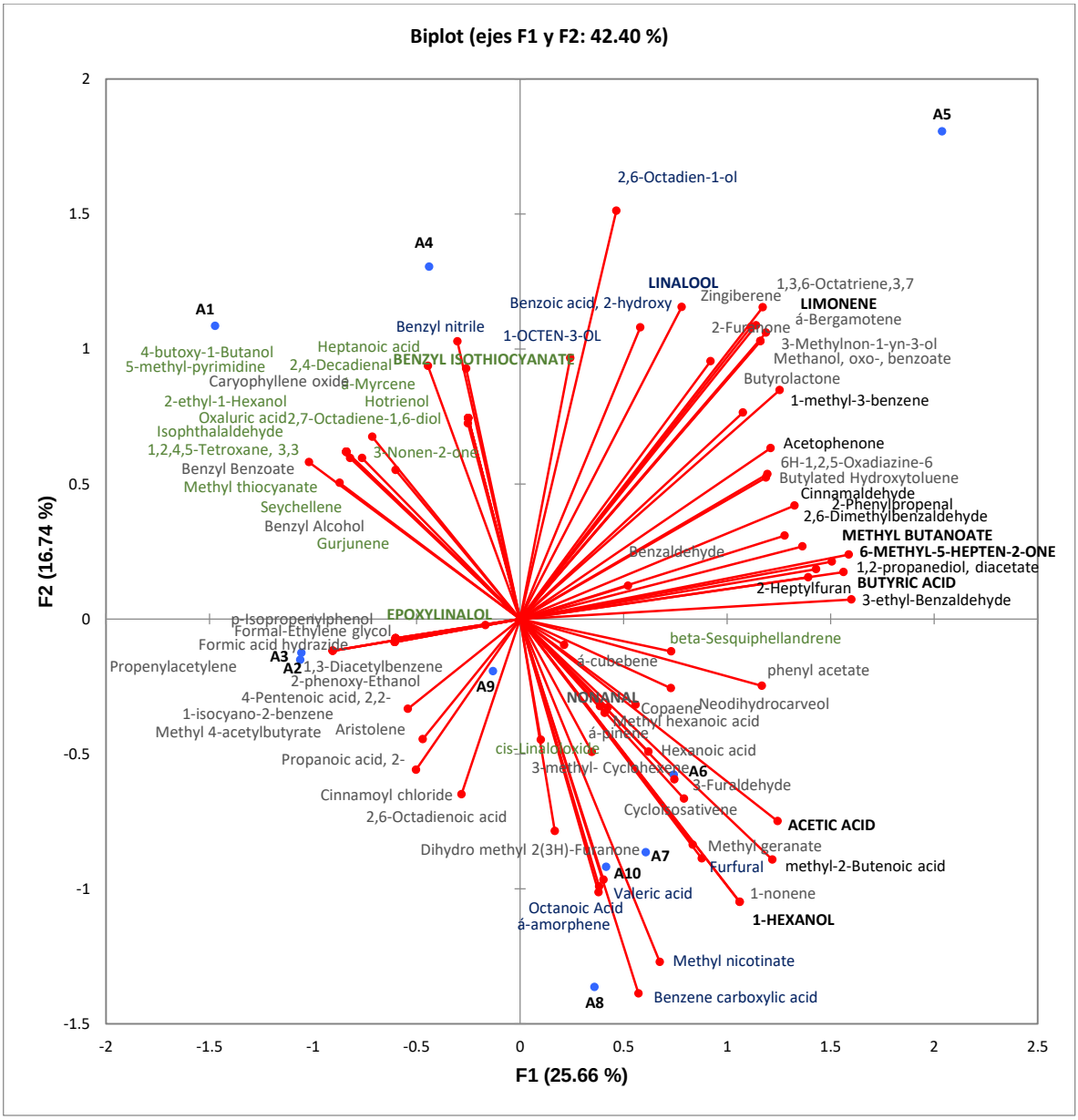
Frutos en madurez fisiológica de las variedades Lote 1: A1-A10

81 compuestos identificados en frutos inmaduros de 10 variedades diferentes (A1-A10) agrupados de acuerdo a la familia química a la que pertenecen, los compuestos con letras en negritas son aquellos de los cuales ya existen reportes en el perfil odoractivo de frutos de papaya (Pino 2003; Pino 2014; Fugatte 2010 y Lima Gomes 2016).

Tabla 36 Compuestos Volátiles de papaya identificados por GC-MS

Compuesto volátil	Familia	Compuesto Volátil	Familia
α-amorfeno	Terpenos	1,4-butanediol	Alcoholes
α -bergamoteno		**4-butoxi-1-butanol**	
α -cubeneno		**1-hexanol**	
α -mirceno		**1-azabiciclohexano**	
α –pineno		**1-hexil-2-citrociclohexano**	
Aristoleno		1-octen-3-ol	
2-acetate-1,2-propanediol		2,6-octadien-1-ol	
1,3,6-octatrieno,3,7		**2-etil-1-hexanol**	
Epoxilinalol		3-methilnon-1-in-3-ol	
Formal etilen glicol		**Alcohol bencilo**	
Linalol		2-fenoxi-ethanol	
Cis-óxido de linalol		**Hotrienol**	
Zingibereno		2,7-octadien-1,6-diol	
Limoneno		p-isopropenylfenol	
Copaeno			
Gurjunene			
Neodihidrocarveol			

Oxido de cariofileno β-sesquifelandreno			
1-metil-3-benceno Bencil benzoato **Bencil isotiocianato** **Acetofenona** Metanol-oxo-benzoato **Metil-4-acetilbutirato** **Metil butanoato** Metil geranato Metil nicotinato **Metil tiocianato**	Ésteres	Ácido oxalúrico Ácido 2,6-octadienoico Ácido 4-pentenoico **Ácido Acetico** **Ácido 2-hidroxi-benzoico** **Ácido butírico** Ácido heptanóico **Ácido hexanoico** Ácido fórmico hidrazido **Ácido Valérico** **Ácido propanóico** **Ácido octanóico** Ácido 2-metil-butenóico	Ácidos
2,6,10-trimetil dodecano 2,6,8-trimetil decano **3-metil ciclohexeno** Benzonitrilo **Bencil nitrilo** 6H-1,2,5-Oxadiazina **6-metil-5-hepten-2-ona** Cloruro de Cinnamoil 5-metil-pirimidina	Alcano Alcano Alqueno Nitrilo Nitrilo Pesticida Cetona Compuesto Vitamina B1	1,4-Benceno-dicarboxaldehído 2,4-Decadienal 2,6-Dimetil benzaldehído 2-Phenilpropenal 3-Furaldehído **Nonanal** Isoftalaldehído Furfural **Benzaldehído** 3-ethyl-benzaldehído (E)-cinnamaldehído	Aldehídos
		2-furanona **Butirolactona** 2-heptylfuran 2H-piran-2-ona	Lactonas



Gráfica 38 PCA de compuestos volátiles en frutos de papaya inmaduros

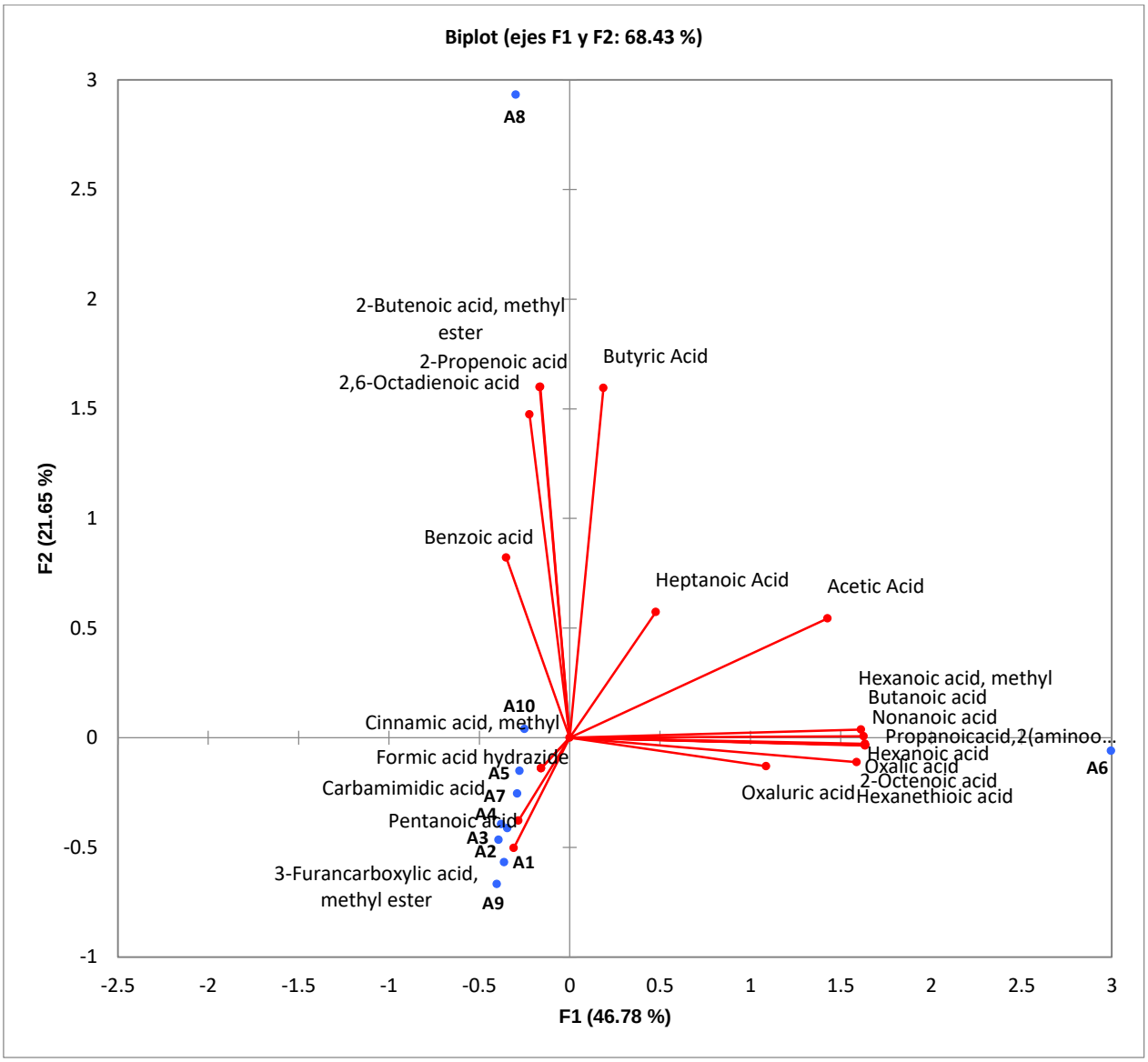
Frutos en madurez de consumo variedades Lote 1: A1-A10

Tabla 37 Compuestos volátiles identificados por GC-MS en frutos de papaya maduros

Compuesto volátil	Familia	Compuesto Volátil	Familia
Ocimeno	Terpenos	**Oxalic acid**	Ácidos
Sabineneo		Ácido butanóico	
Limoneno		Ácido Butírico	
Camfeno		Metil éster ácido 2-Butenóico	
1,3,6-Octatrieno		Ácido 2-propenóico	
α-Tujeno		Metil ácido hexanóico	
a-Pineno		Ácido hexanóico	
3-Careno		Ácido carbamimidico	
p-Cimeno		Ácido oxalurico	
1-Noneno		Ácido pentanoico	
α -Cubebeno		Ácido 2-Octenoico	
Zingibereno		Ácido 3-Furancarboxílico metil éster	
α -Bergamoteno		Ácido acético	
Seychelleno		2-Ácido propanóico	
Aristoleno		Ácido benzóico	
Cicloisosativeno		Ácido fórmico	
Gurjuneno		2,6-ácido octadienóico	
α -Amorfeno		Ácido hexanetióico	
β-Caryopfieno		Ácido cinámico	
2,6,8-Trimetil decano		Ácido nonanóico	
α -Terpinoleno		Ácido heptanóico	
2,6,10 trimetil dodecane			
Neodidrocarveol			
β-Sesquifelandreno			
Cariopfileno oxide			
α -Mirceno			
Alcohol etilo	Alcoholes	Linalil propionato	Ésteres
5-Metil-2-heptanol		Metil isotiocianato	
2-etil-1-hexanol		Benceno isotiocianato	
5-metil-hepten-4-ol		Metil glioxilato	
1-hexanol		Benzoil isotiocianato	
3-pentanol,2,3,4		Metil benzoato	
2-metil-4-octanol		Fenacilacetato	
1-octanol		Etil benzoato	
1-octen-3-ol		Metil geranato	
2-Furanmetanol		Vinil butirato	
2H-Piran-3-ol		Metil nicotinato	
2,3-Butanediol		Metil cinamato	
2,6-Octadien-1-ol		Pentil glicolato	
Alcohol bencilo			

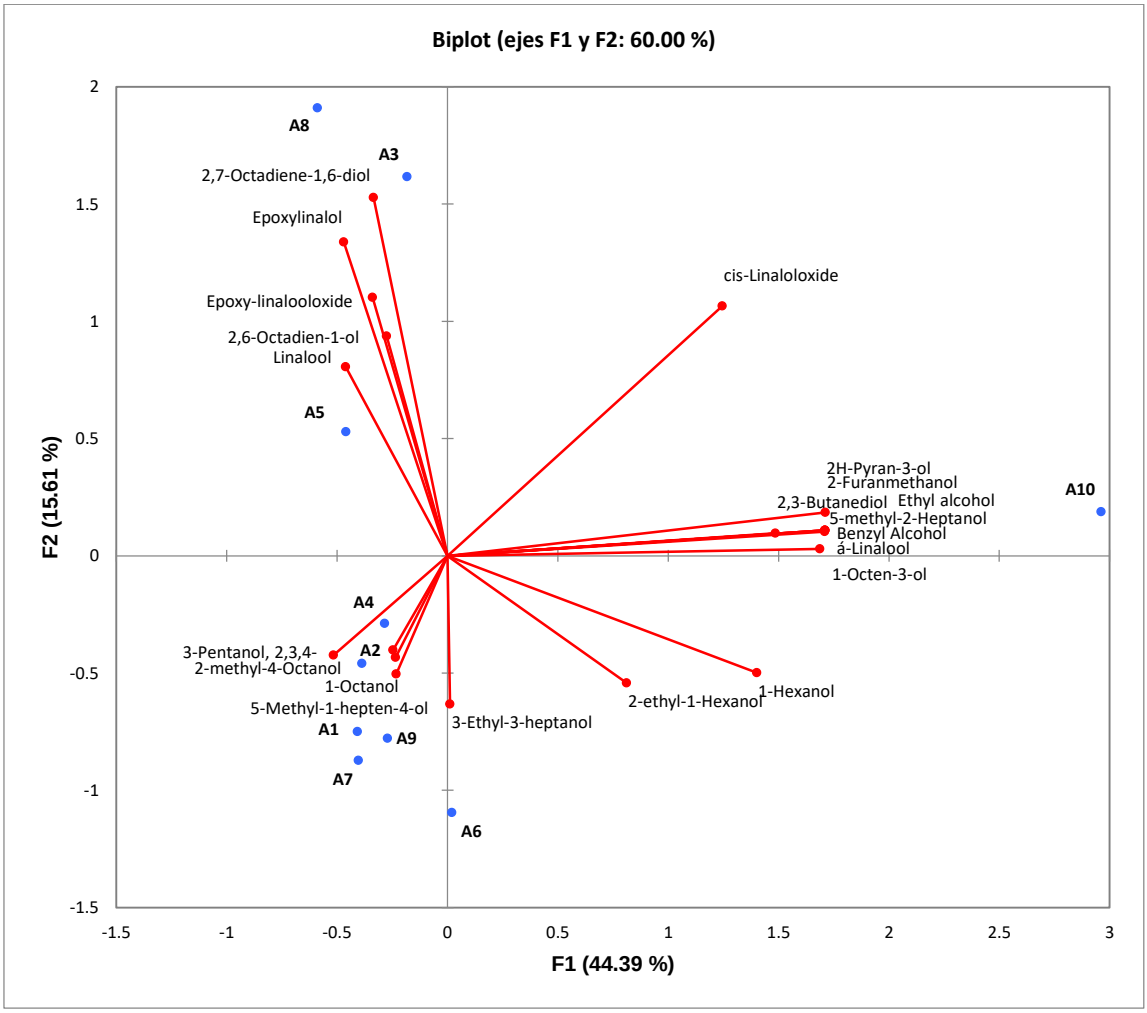
3-Etil-3-Heptanol 2,7-Octadien-1,6-diol cis-óxido de linalol α -linalol linalol Epoxylinalol Epoxy-óxido de linalol			
6-metil-2-heptanona 6-metil-5-hepten-2-ona Acetoxi-1-feniletanona 4-Hepten-2-ona 3-Metoxy-2-butanona	Cetonas	2(3H)- Furanona 2H-Piran-2-ona 3-Nonen-2-ona T-Vinil-T-valerolactona Butirolactona Trans-Geranilacetona 2-Furanona	Lactonas
1,4-Benceno dicarboxaldehído 2-Furancarboxaldehído 3-Furaldehído Benzaldehído 2,5-Furan dicarboxaldehído Isoftaldehído Acetaldehído Nonanal Furfural 2-Pentil-furan 2-Heptilfuran Pentanal	Aldehídos	N,N-dimetil-Formamida Acetamida Propanamida 1-metil-4-benceno 1-Isociano-2-benceno 1-Bencimidazol 2,6-Pirazinediamina	Amidas Otros

- <u>Ácidos identificados en frutos maduros de 10 variedades diferentes (A1-A10)</u>



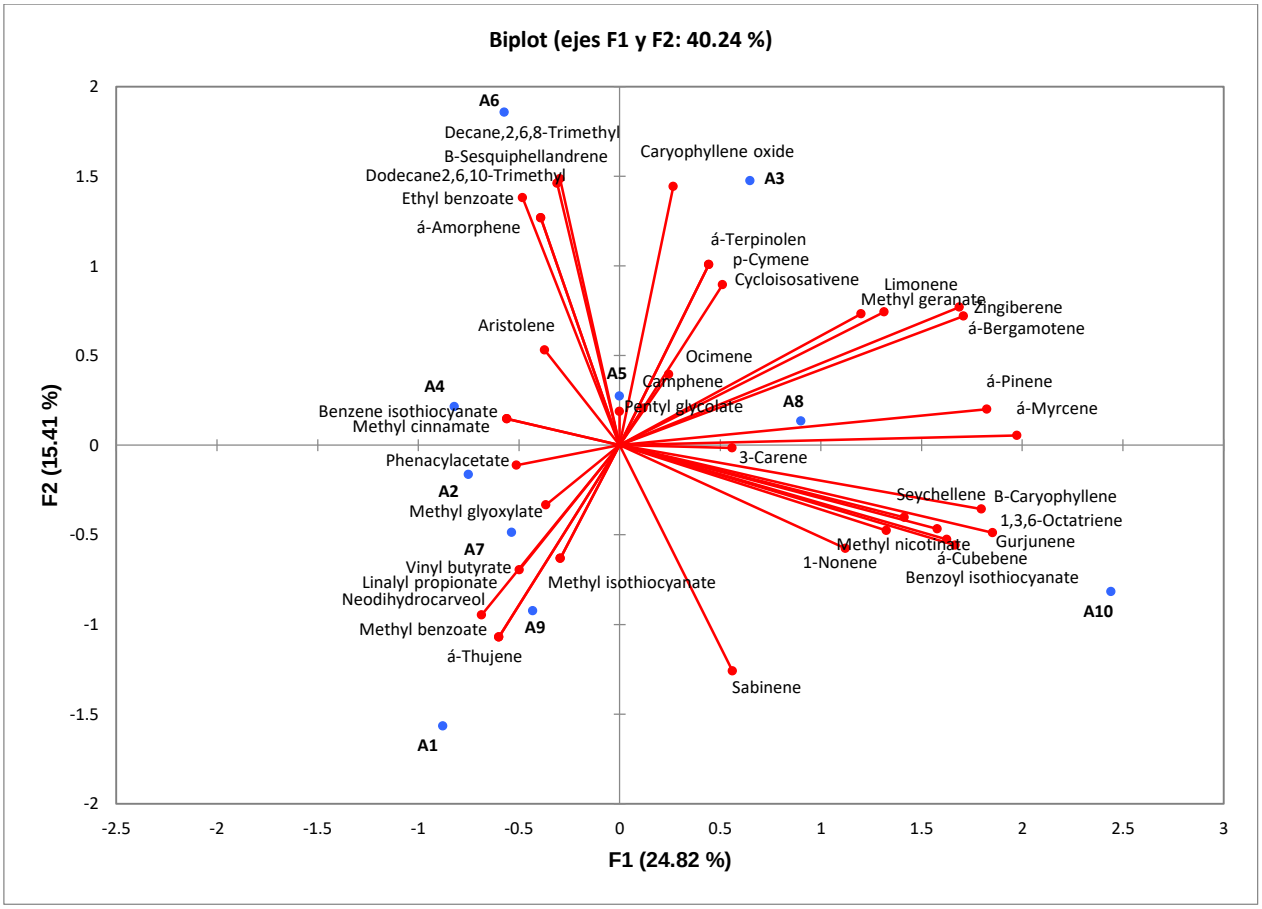
Gráfica 39 PCA de ácidos en frutos maduros de 10 variedades diferentes

- Alcoholes identificados en frutos maduros de 10 variedades diferentes (A1-A10)



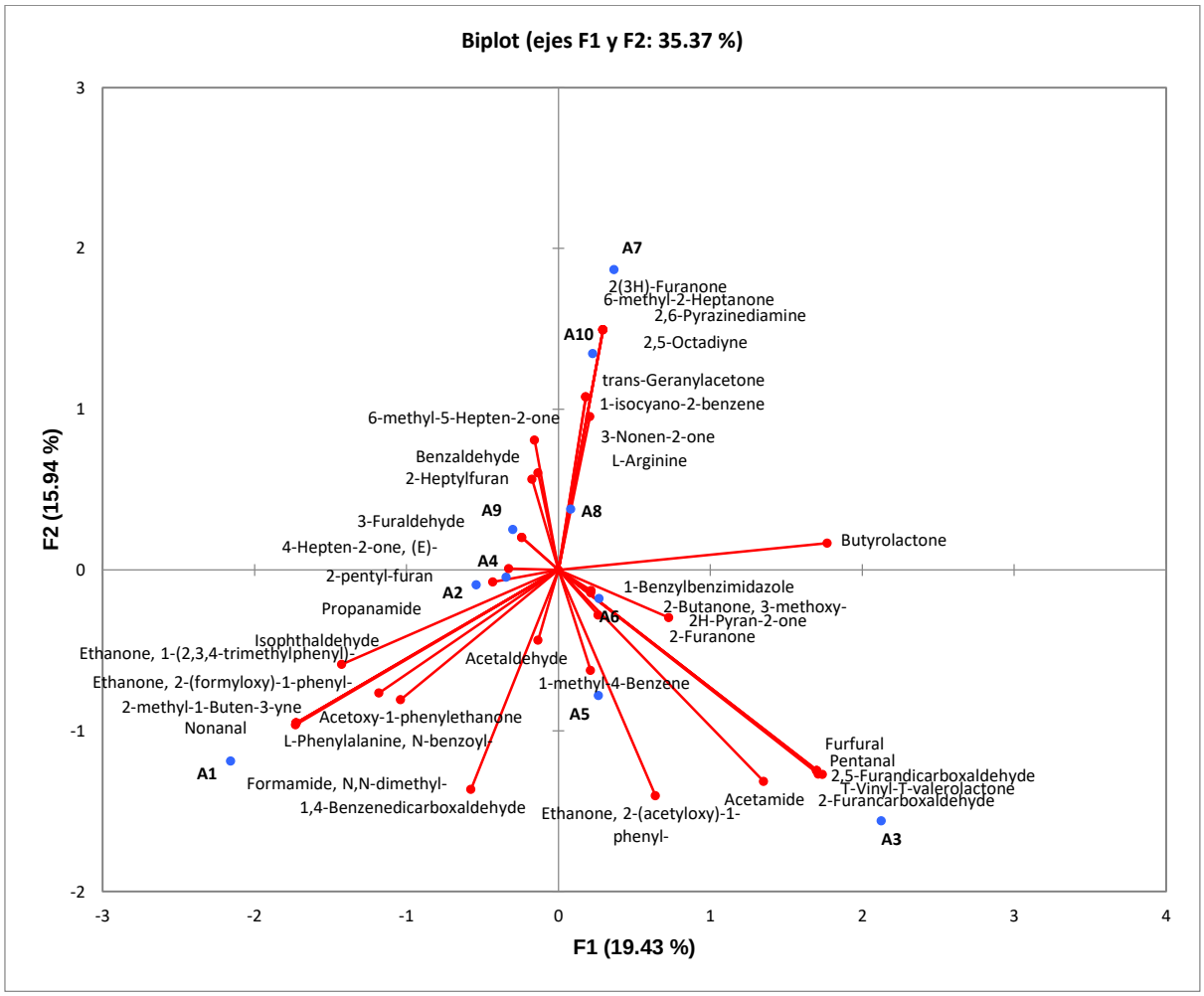
Gráfica 40 PCA de alcoholes en frutos maduros de 10 variedades diferentes

- Esteres y terpenos identificados en frutos maduros de 10 variedades diferentes (A1-A10)



Gráfica 41 PCA de ésteres y terpenos en frutos maduros de 10 variedades diferentes

- Lactonas, cetonas, aldehídos, glucosinolatos y aminas identificados en frutos maduros de 10 variedades diferentes (A1-A10)



Gráfica 42 PCA de lactonas, cetonas, aldehídos, glucosinolatos y aminas en frutos maduros de 10 variedades diferentes.

ANEXO 1 Cuestionario para la preselección de Jueces Analíticos

PRESELECCIÓN DE JUECES ANALÍTICOS PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRUTOS DE PAPAYA

DATOS PERSONALES

Nombre: Fecha:
Edad:
Ocupación:
Sexo:
Correo electrónico:
Teléfono celular:

DISPONIBILIDAD DE TIEMPO

¿Cuál es tu horario de mayor disponibilidad?

¿Hay algún día de la semana (L-V) que se te dificulte realizar las pruebas?

¿En que unidad de CIATEJ (normalistas/Zapopan) se te hace más fácil realizar las pruebas?

¿Estás dispuesto(a) a participar en pruebas sensoriales en 1 o 3 dias por semana en sesiones de 15 min a 1 hora durante un año aproximado?

SALUD

¿Presentas alguna de estas enfermedades? (SI (especifique) /NO)

Diabetes:

Enfermedades de encía o boca:

Hipoglicemia:

Alergias:

Hipertensión:

¿Tomas medicamentos que afecten tus sentidos, principalmente gusto y olfato?

¿Utilizas prótesis dental (incluyendo amalgamas)?

¿Tienes tu dentadura completa?

¿Presentas daltonismo?

ANEXO 2 Prueba de Sensibilidad Gustativa

Nombre: Fecha:

A continuación encontrarás 5 soluciones de referencia, por favor,
Coloca el código de cada una de las soluciones, analiza el **GUSTO** que percibes y anota el nombre en la casilla correspondiente al código.

Código soluciones de referencia					
Gusto percibido					

Posteriormente anota el código de las soluciones problema, analiza su GUSTO e indica a cuál de las soluciones referencia corresponde el gusto.

Código soluciones problema					
Código soluciones referencia al que corresponde el gusto					

¡Gracias por tu participación!

FIRMA

_____

ANEXO 3 Prueba de Sensibilidad Olfativa

Nombre: Fecha:

A continuación encontrarás 4 soluciones de referencia, por favor,
Coloca el código de cada una de las soluciones, analiza el **OLOR** que percibes y anota el nombre en la casilla correspondiente al código.

Código soluciones de referencia				
Olor percibido				

Posteriormente anota el código de las soluciones problema, analiza su olor e indica a cual de las soluciones referencia corresponde el olor.

Código soluciones problema				
Código soluciones referencia al que corresponde el olor				

¡Gracias por tu participación!

FIRMA

_____

ANEXO 4 Prueba para la determinación de umbrales gustativos y olfativos

Nombre: Fecha:

Analiza el **GUSTO** de las 11 soluciones que se te presentan, comenzando de izquierda a derecha.

Indique la sensación gustativa percibida de acuerdo a la codificación siguiente:

0= Ninguna sensación percibida

X= Gusto percibido pero no identificado

XX= Gusto identificado, añada el nombre del gusto percibido

XXX= Diferencia en la intensidad percibida respecto a la muestra anterior

_____

FIRMA

¡Gracias por tu participación!

ANEXO 5 Prueba A-no-A para obtención de descriptores de olor

Nombre: Fecha:

A continuación te presentamos una muestra A y cuatro muestras problema de Papaya

1.- Analiza con calma todas las características de OLOR de la muestra “A” y memoriza estas características

2.- Posteriormente, analiza esas mismas características en cada una de las 4 muestras codificadas.

3.- Indica cuál o cuáles de las muestras se parecen a “A” señalando dos características de olor que hayas usado como criterios de decisión.

Código de la muestra	**Si parece “A”**	**No parece “A”**	**Características usadas como criterio de decisión**

¡Gracias por tu participación!

_____

Firma

ANEXO 6 Prueba de identificación y cuantificación del olor de cada compuesto volátil

Nombre: Fecha:

A continuación se presenta el siguiente grupo de 7 soluciones codificadas con diferentes códigos, contesta lo que se te pide:

1.- Oler cada una de las muestras de izquierda a derecha, analízalas muy bien dejando pasar 10 segundos entre cada muestra, recuerda que solo puedes oler una vez y no deberás agitar el frasco.

2.- En cada caso indica el olor y ordena las muestras de menor a mayor intensidad de olor.

Código							
Olor percibido							

Orden de intensidad

Menos intenso **Más intenso**

¡Gracias por tu participación!

_____

FIRMA

ANEXO 7 Prueba de identificación y asociación

Nombre: Fecha:

A continuación se presentan 6 muestras codificadas con diferentes números y una muestra nombrada REFERENCIA (R):

1.- Te pedimos analizar con calma y con atención el olor de la REFERENCIA

2.- Posteriormente identifica cada uno de los olores de las muestras codificadas

3.- Finalmente, analiza con calma y atención el olor de las muestras codificadas, e indica cual olor es el más parecido a la REFERENCIA

Código						¿cuál de los olores anteriores es el más parecido al de la REFERENCIA?
Olor percibido						

¡Gracias por tu participación!

_____

FIRMA

ANEXO 8 Prueba descriptiva de textura y ordenamiento

Nombre: Fecha:

A continuación se presentan 4 muestras problema:

1.- Analiza cada una de las muestras evaluando TEXTURA utilizando al menos tres descriptores 2.- Finalmente, ordena las muestras de menor a mayor grado de madurez.

Código de la muestra:	**Código de la muestra:**	**Código de la muestra:**	**Código de la muestra:**
Textura:	**Textura:**	**Textura:**	**Textura:**

Orden de madurez

Menos maduro **Más maduro**

¡Gracias por tu participación!

_____

FIRMA

ANEXO 9 Prueba A-no-A para obtención de descriptores de textura

Nombre: Fecha:

A continuación te presentamos una muestra A y cuatro muestras problema de Papaya

1.- Analiza con calma todas las características de TEXTURA de la muestra “A” y memoriza estas características

2.- Posteriormente, analiza esas mismas características en cada una de las 4 muestras codificadas.

3.- Indica cuál o cuáles de las muestras se parecen a “A” señalando dos características de textura que hayas usado como criterios de decisión.

Código de la muestra	**Si parece “A”**	**No parece “A”**	**Características usadas como criterio de decisión**

¡Gracias por tu participación!

_____

Firma

ANEXO 10 Prueba de ordenamiento y color

Nombre: Fecha:

A continuación se presentan 4 muestras problema:

1.- Analiza y describe cada una de las muestras evaluando el COLOR.

2.- Finalmente, ordena las muestras de menor a mayor grado de madurez utilizando como referencia el color.

Código de la muestra:	**Código de la muestra:**	**Código de la muestra:**	**Código de la muestra:**
Color:	**Color:**	**Color:**	**Color:**

Orden de Madurez

Menor madurez **Mayor madurez**

¡Gracias por tu participación!

_____

FIRMA

ANEXO 11 Prueba de identificación de las referencias de olor

Nombre: Fecha:

A continuación se presenta el siguiente grupo de 6 soluciones codificadas con diferentes códigos.

Analiza el olor de cada solución y de acuerdo al vocabulario acordado en consenso, indica para cada compuesto a qué descriptor corresponde

Descriptor	**Código del frasco**
Chicle de plátano	
Papaya verde	
Barniz de uñas	
Cebolla/ ruda	
Queso añejo / fermentado	
Papaya madura/ uva	

¡Gracias por tu participación!

_____

FIRMA

ANEXO 12 Prueba de Mezclas

Nombre: Fecha:

A continuación se presentan 3 muestras codificadas con diferentes números y una muestra nombrada MEZCLA

1.- Te pedimos analizar con calma y atención el olor de cada una de las muestras de izquierda a derecha e indicar en cada caso, que olor percibes (solo uno). Deja pasar 10 segundos entre cada muestra.

2.- Finalmente, analiza con calma y atención el olor de la muestra marcada como MEZCLA, e indica si percibes alguno o algunos de los olores percibidos en las muestras codificadas.

Código	Código	código	¿Cuál o cuáles de los olores anteriores percibes en la mezcla?
			_____ _____ _____

¡Gracias por tu participación!

_____

Firma

ANEXO 13 Prueba Dúo-Trío

NOMBRE_____

FECHA_____

A continuación se presentan 2 muestras codificadas con diferentes números y una muestra nombrada REFERENCIA (R):

1.- Te pedimos analizar con calma y con atención el olor de la REFERENCIA

2.- Posteriormente identifica cada uno de los olores de las muestras codificadas

3.- Finalmente, analiza con calma y atención el olor de las muestras codificadas, e indica cual olor es el más parecido al de la REFERENCIA.

		¿Cuál de los olores anteriores es el más parecido al de la REFERENCIA?

Gracias por tu participación

_____

Firma

ANEXO 14 Prueba de Intensidad de olor

NOMBRE_____

FECHA_____

A continuación se presentan **3 muestras** codificadas:

1.- Te pedimos que analices el **OLOR de las referencias mínimo y máximo para cada nota.**

2.- Posteriormente **huele** cada muestra y coloca una raya y su código en la escala de acuerdo a la intensidad que percibas esa nota en cada una de las muestras.

Nota: Barniz de uñas

Nada Más o menos intenso
Muy intenso

Nota: Chicle de plátano

Nada Más o menos intenso
Muy intenso

Nota: Cebolla/Ruda

Nada Más o menos intenso
Muy intenso

OLOR

Nota: Papaya madura/Uva

Nada Más o menos intenso
Muy intenso

Nota: Papaya Verde/látex

Nada Más o menos intenso
Muy intenso

Nota: Queso añejo /Fermentado

Nada Más o menos intenso
Muy intenso

¡¡Gracias por tu participación!!!

_____

FIRMA

ANEXO 15 Prueba de intensidad de atributos de textura

NOMBRE_____ FECHA_____

A continuación se presentan **2 muestras** codificadas:

Te pedimos que evalúes la **TEXTURA** de cada una de las muestras, utilizando como referencias mínimas y máximas las que se te proporcionan.

1.- FIRMEZA: Fuerza inicial requerida para morder completamente la muestra con los dientes incisivos (de enfrente).

EN BOCA: Agarra la muestra de papaya tal y como está en el vaso y muérdela con los dientes incisivos, evalúa la resistencia a la mordida.

Poco Firme Muy Firme

EN MANO: Toma la muestra de papaya con el dedo índice y pulgar presionándola ligeramente

Poco Firme Muy Firme

2.- COHESIVIDAD: Facilidad con la que se desintegra la pulpa al aplastarla con la lengua y el paladar

EN BOCA: Coloca la muestra de papaya entre la lengua y el paladar, ejerce una presión ligera, evalúa la cantidad de pulpa que es desintegrada

Poco cohesivo (se desintegra fácilmente) Muy cohesivo (no se desintegra)

3.- JUGOSIDAD: Cantidad de jugo liberado durante la masticación

EN BOCA: Coloca la muestra de papaya en la boca y mastica 3 veces y evalúa la intensidad del flujo del jugo

Poco jugoso Muy jugoso

4.- **CONSISTENCIA:** Al masticar la muestra sienta la consistencia de la pulpa con la lengua.

FIBROSO: Presenta filamentos la pulpa

Nada Muy fibroso

GRUMOSO: Pequeñas partículas que se sienten en la pulpa, no permite que sea homogénea

Nada Muy grumoso

¡Gracias por tu participación!

_____

FIRMA

ANEXO 16 Prueba de intensidad para el sabor

NOMBRE_____
FECHA_____

A continuación se presentan **2 muestras** codificadas:

1.- Te pedimos que analices el **OLOR de las referencias de compuestos volátiles mínimo y máximo para cada nota.**

3.- Después, PRUEBA las referencias (mínimas y máximas) para los gustos.

2.- Posteriormente **PRUEBA** cada muestra de papaya y coloca una raya y su código en la escala de acuerdo a la intensidad que percibas esa nota y cada gusto en cada una de las muestras.

NO INGERIR LAS MUESTRAS DE COMPUESTOS VOLÁTILES, SOLO OLER

Nota: Barniz de uñas

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Nota: Chicle de plátano

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Nota: Cebolla/Ruda

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Nota: Papaya madura/Uva

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Nota: Papaya Verde/látex

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Nota: Queso añejo /Fermentado

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Gusto: DULCE

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Gusto: SALADO

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Gusto: ÁCIDO

Nada Más o menos intenso Muy intenso

Gusto: AMARGO

Nada Más o menos intenso Muy intenso

¡¡Gracias por tu participación!!!

_____

FIRMA

ANEXO 17 Prueba descriptiva olor

Nombre:_____
Fecha:_____

A continuación se le presentan 4 MUESTRAS de papaya:

1.- Evalué el OLOR de cada una de las muestras utilizando el léxico desarrollado, si encuentra notas diferentes, las puede colocar.

Muestra	**ATRIBUTOS**
	OLOR:
	OLOR:
	OLOR:
	OLOR:

¡Gracias por participar!

_____

FIRMA

ANEXO 18 Prueba descriptiva 10 variedades

Nombre:_____

Fecha:_____

A continuación se le presentan 10 MUESTRAS de papaya:

1.- Evalué SABOR, OLOR y AROMA

2.- Posteriormente forme grupos de acuerdo a las semejanzas que haya encontrado

Muestra	**ATRIBUTOS**	**GRUPOS**
	OLOR: SABOR:	Coloque los códigos de acuerdo a los grupos que formó.
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR: SABOR:	
	OLOR:	

	SABOR:	

¡Gracias por participar!

ANEXO 19 Prueba descriptiva de color

Nombre: _____ Fecha:_____

A continuación se presentan 4 muestras problema:

1.- Analiza y describe cada una de las muestras evaluando el COLOR.

Código de la muestra:	**Código de la muestra:**	**Código de la muestra:**	**Código de la muestra:**
Código Color:	**Código Color:**	**Código Color:**	**Código Color:**

¡Gracias por participar!

_____

FIRMA

ANEXO 20 Pruebas CATA

NOMBRE:_____FECHA:_____
__

A continuación se le presentan **3 muestras** codificadas se le pide lo siguiente:

1.- Escriba el código de cada muestra en la parte que se le indica en la tabla.
INDIQUE UNICAMENTE SI ESTÁ PRESENTE EL ATRIBUTO EN LA MUESTRA COLOCANDO UNA PALOMITA (si no está presente no marque la casilla)
2.- Primero evalué cada una de las notas en nariz y luego en boca para cada una de las muestras.
3.- Después evalúe todos los gustos para cada una de las muestras.
4.- Finalmente para evaluar textura hágalo en mano o en boca dependiendo de lo que se indique para cada una de las muestras.

CÓDIGO →				
Atributo:		PRESENTE	PRESENTE	PRESENTE
barniz de uñas	Nariz			
	Boca			
chicle de plátano	Nariz			
	Boca			
cebolla/ ruda	Nariz			
	Boca			
madura/uva	Nariz			
	Boca			
papaya verde/ látex	Nariz			
	Boca			
fermentado/ queso añejo	Nariz			
	Boca			
Frutal	Nariz			
	Boca			
Limón	Nariz			
	Boca			
Coco	Nariz			
	Boca			
Nuez	Nariz			
	Boca			
Yaca	Nariz			
	Boca			
Mango	Nariz			
	Boca			
Durazno	Nariz			
	Boca			
Lima	Nariz			

	Boca			
Cereza	Nariz			
	Boca			
Caño	Nariz			
	Boca			
Gusto dulce				
Gusto Salado				
Gusto Ácido				
Gusto amargo				
Firmeza en boca				
Firmeza en mano				
Cohesividad en boca				
Jugosidad en boca				
Grumos en boca				
Fibras en boca				

¡Gracias por su participación!

_____

FIRMA

ANEXO 21 Prueba descriptiva de sabor

Nombre:_____
Fecha:_____

A continuación se le presentan 10 MUESTRAS de papaya:

1.- Evalué SABOR, OLOR y AROMA

Código Muestra	**ATRIBUTOS**
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:

	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:
	OLOR: SABOR:

¡Gracias por participar!

_____

FIRMA